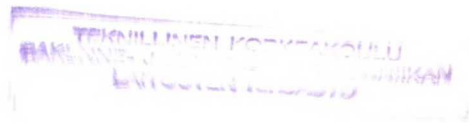


TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto

Mirja Noukka

**TIELIIKENTEEN TELEMATIikka, SEN VAIKUTUKSET JA
VAIKUTUSTEN ARVIOINTI**



Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 13.2.1995

Työn valvoja:
Työn ohjaaja:

apul.prof. Matti Pursula
erikoistutkija Risto Kulmala

Tekijä:	Mirja Noukka		
Diplomityö:	Tieliikenteen telematiikka, sen vaikutukset ja vaikutusten arviointi		
Päivämäärä:	13.2.1995	Sivumäärä:	120
Professuuri:	Liikennetekniikka	Koodi:	Yhd-71.
Valvoja:	Apulaisprofessori Matti Pursula		
Ohjaaja:	Erikoistutkija Risto Kulmala		

Telematiikka on se osa tietotekniikkaa, joka sisältää sekä tietoliikennetekniikkaa että tietojenkäsittelytekniikkaa. Liikenteen telematiikka on vakiintumassa yleisnimitykseksi joukolle tekniikoita, joilla kerätään ja käsitellään tietoa tieoloista, liikenteestä ja liikkumisesta ja hyödynnetään sitä liikenteen ohjauksessa, tiedottamisessa tai kaluston ja yksittäisten ajoneuvojen hallinnassa. Liikenteen telematiikka on liikenteen hallinnan apuväline, jolla pyritään vaikuttamaan liikenteen kysyntään, kulkumuotojakaumaan, reitin ja matkan ajankohdan valintaan sekä liikkujien käyttäytymiseen tavalla, joka parantaa liikenteen tehokkuutta, turvallisuutta, taloudellisuutta, ympäristöystävällisyyttä ja matkustusmukavuutta.

Tämä työ on kirjallisuustutkimus, jossa esitellään tieliikenteen telematiikan sovelluksia ja tutkimustoimintaa maailmalla sekä liikenteen telematiikan vaikutusten arviointimenetelmiä ja esimerkkejä vaikutustutkimuksista. Työhön sisältyy myös englanti - suomi -sanasto tieliikenteen telematiikan keskeisistä termeistä.

Odotukset liikenteen telematiikkaa kohtaan ovat suuria, mutta käytännön toteutukset ja niistä saadut tulokset ovat vielä vaatimattomia. Tällä hetkellä varsin pitkälle kehittyneitä liikenteen telematiikan sovelluksia ovat tavaraliikenteen hallinta, kehittyneet maksujärjestelmät sekä kuljettajaninformaatio. Sovellusten hyödyistä ja kustannuksista ei kuitenkaan ole vielä selkeää käsitystä.

Suomessa keskeisiä tieliikenteen telematiikan sovellusalueita ovat kelien hallinta, radio- ja matkapuhelinpohjaiset informaatiopalvelut, joukkoliikenteen hallinta ja maksujärjestelmät sekä tavaraliikenteen sovellukset. Toteuttamisen vastuutahot Suomessa ovat liikenneministeriö, TEKES, tielaitos, kunnat, kuljetusyritykset, joukkoliikenneyritykset ja poliisi.

Liikenteen telematiikan kenttä on voimakkaan kehityksen alla. Tällä hetkellä suomalaisten kannattaa keskittyä selvittämään omat tarpeensa ja panostaa kansalliseen, pohjoismaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön. Järjestelmien onnistunut toteuttaminen vaatii huolellista valmistelua, laadunvarmistusta ja järjestelmällistä kokeilutoimintaa. Kokeiluun tulee aina liittyä vaikutusten tutkiminen, jota voidaan käyttää hyväksi järjestelmän hyötyjä ja kannattavuutta arvioitaessa. Vain näin voidaan suunnata oikein tulevia investointeja.

Author:	Mirja Noukka		
Thesis:	Road transport telematics - techniques, effects and assessment		
Date:	February, 1995	Number of pages: 120	
Professorship:	Transportation Engineering	Code: Yhd-71.	
Supervisor:	Associate professor Matti Pursula		
Instructor:	Senior Research Scientist Risto Kulmala		

Telematics is the part of information technology that consists of both data communications and data processing. The term road transport telematics covers a large number of applications for collecting and processing data about road conditions, traffic and travel, as well as using these data in traffic control, informing travellers, controlling transport fleets and single vehicles. Transport telematics is a means of traffic management, which, in turn, aims at affecting travel demand, modal split, route choice and trip timing, and users' behaviour in a way that improves the efficiency, economy and safety of the traffic system and reduces harmful environmental impacts caused by traffic.

This literature study gives an overview of international research programmes like ATT and IVHS, applications of transport telematics, their effects, and assessment methods. The report also includes an English-Finnish glossary of road transport telematics terminology.

Expectations for the positive effects of transport telematics are high but the verified impacts are still quite modest. Currently widely implemented applications of transport telematics include fleet and freight management, automatic debiting and driver information systems. The costs and benefits of these systems cannot, however, still be reliably estimated.

In transport telematics, Finland is focusing on weather related traffic management, radio and cellular network based information services, public transport management, integrated payment systems and logistics applications. The responsible organisations in Finland are the Ministry of Transport and Communications, Technology Development Centre Finland (TEKES), Finnish National Road Administration, municipalities, freight and public transport operators and the police.

The field of transport telematics is rapidly progressing. Thus, at the moment, the Finnish parties should concentrate on clarifying their needs and enhance national, Nordic, and international co-operation. A successful implementation of transport telematic services requires careful preparation, quality control, and well organised research. The effects of the implemented systems should always be assessed and evaluated in order to analyse the impacts, costs and benefits of the applications, so that the future investments can be directed in a sensible way.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty tielaitoksessa, Liikenteen palvelukeskuksessa Liikenteen hallinta -projektin toimeksiannosta. Kiitän Matti Pursulaa diplomityöni valvonnasta ja Risto Kulmalaa arvokkaasta opastuksesta.

Kiitän myös Liikenteen hallinta -projektin päällikköä Kari Karessuota sekä kaikkia muita työssäni avustaneita hyvistä ja asiantuntevista neuvoista. Liikenteen palvelukeskukslaisille osoitan kiitokset monipuolisesta tuesta työni aikana.

Espoossa 13.2.1995

Mirja Noukka

Sisältö

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
1.1. Mitä tieliikenteen telematiikka on?	7
1.2. Tieliikenteen telematiikan historiaa	9
1.3. Tieliikenteen telematiikan kustannukset	10
1.4. Liikenteen telematiikan käyttöönotto ja tulevaisuus	12
1.5. Liikenteen telematiikka Suomessa	14
1.5.1. Nykytila, tutkimus- ja kehitystoiminta	14
1.5.2. Tieliikenteen telematiikan tulevaisuus Suomessa	17
2 LIIKENTEEN TELEMATIIKAN TUTKIMUSOHJELMAT	19
2.1. DRIVE	19
2.2. IVHS (ITS)	23
2.3. Japanin tutkimusohjelmat	28
3 TIELIIKENTEEN TELEMATIIKAN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI JA ARVIOINTIMENETELMÄT	33
3.1. Arvioinnin osa-alueet	33
3.2. Yhteiskuntataloudellinen arviointi	34
3.3. Liikenteen telematiikan vaikutusten arviointimenetelmät	36
3.4. Arviointiparametrit (indikaattorit) ja tiedonkeräystavat	38
3.5. Liikenteen telematiikan vaikutusten arviointi vaikutusryhmittäin	41
3.5.1. Liikenteen sujuvuus	41
3.5.2. Liikenneturvallisuus	43
3.5.3. Ympäristö	46
3.5.4. Muut vaikutukset	46
4 ESIMERKKEJÄ TIELIIKENTEEN TELEMATIIKAN VAIKUTUS- TUTKIMUKSISTA	47
4.1. Delfoi-tutkimuksia ja muita asiantuntija-arvioita	47
4.1.1. Pohjoismainen Delfoi-tutkimus 1993	47
4.1.2. Ruotsalainen Delfoi-tutkimus 1987	49
4.1.3. Asiantuntijajaneelin arvio liikenteen hallinnan vaikutuksista (Hollanti)	49
4.1.4. Liikenteen telematiikan vaikutukset (USA)	50
4.1.5. PROMETHEUS-tutkimusohjelmassa kehitettyjen ajoneuvo- laitteiden vaikutukset (Saksa)	51
4.2. Simulointitutkimuksia	51
4.2.1. TOSCA (Ruotsi)	51

4.2.2. TOSCA II (Ruotsi)	54
4.2.3. Ennen matkaa saadun informaation vaikutus matkustus- käyttäytymiseen (Englanti, Kreikka)	54
4.2.4. Informaation vaikutus reitinvalintaan ruuhkautuneessa liikennejär- jestelmässä	55
4.2.5. Informaation vaikutukset toistuvasti ruuhkautuvalla tieverkolla	56
4.2.6. Liikenneinformaation hyödyt liikenteen häiriötilanteissa (USA)	58
4.2.7. Informaatio yleisötapauhtumista johtuvan ruuhkan hallinnassa	58
4.2.8. Reittiopastuksen ja RDS-TMC:n hyödyt (Seattle, USA)	60
4.2.9. Reittiopastuksen hyödyt (Ontario, Kanada)	61
4.2.10. Ramppiohjauksen, liikennevalojen optimoinnin ja reittiopastuksen yhdistäminen (Los Angeles, USA)	61
4.2.11. Navigointilaitteiden vaikutus turvallisuuteen	62
4.2.12. Automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö (Saksa)	63
4.2.13. "Automaattinen tie" (USA)	64
4.2.14. Liikenteen telematiikan vaikutukset kaupunkiliikenteen päästöihin (Southampton, Englanti ja Köln, Saksa)	64
4.3. Kenttäkokeita	65
4.3.1. Ajantasainen reittiopastus - käyttäjien odotukset (Lontoo, Pariisi, München)	65
4.3.2. LISB (Berliini)	66
4.3.3. AUTOGUIDE (Lontoo)	67
4.3.4. Muuttuvat opasteet - DRIVEN VAMOS ja EAVES-projektit	68
4.3.5. FAST-TRAC (Michigan, USA)	70
4.3.6. AMTICS (Osaka, Japani)	73
4.4. Toteutettuja järjestelmiä	74
4.4.1. Nopeusnäyttötaulun vaikutukset liikenteen nopeuksiin (vt 4, Suomi) .	74
4.4.2. M25-moottoritien sumuvaroitussjärjestelmä (Lontoo)	74
4.4.3. Saksalaisia kokemuksia	75
4.4.4. E18-tien reittiopastus (Norja, Vestfold)	76
4.4.5. Pysäköinninopastussjärjestelmien vaikutuksia (Nottingham, Englanti ja Frankfurt am Main, Saksa)	76
4.4.6. INFORM (New York)	77
4.4.7. Reittisuunnittelun vaikutus raskaan liikenteen päästöihin (USA)	78
4.5. Yhteenveto	78
5 PÄÄTELMIÄ JA SUOSITUKSIA	83
5.1. Tieliikenteen telematiikan nykytila	83
5.2. Tieliikenteen telematiikka Suomessa	84
6 YHTEENVETO	88
LÄHDELUETTELO	92
LIITTEET	100

1 JOHDANTO

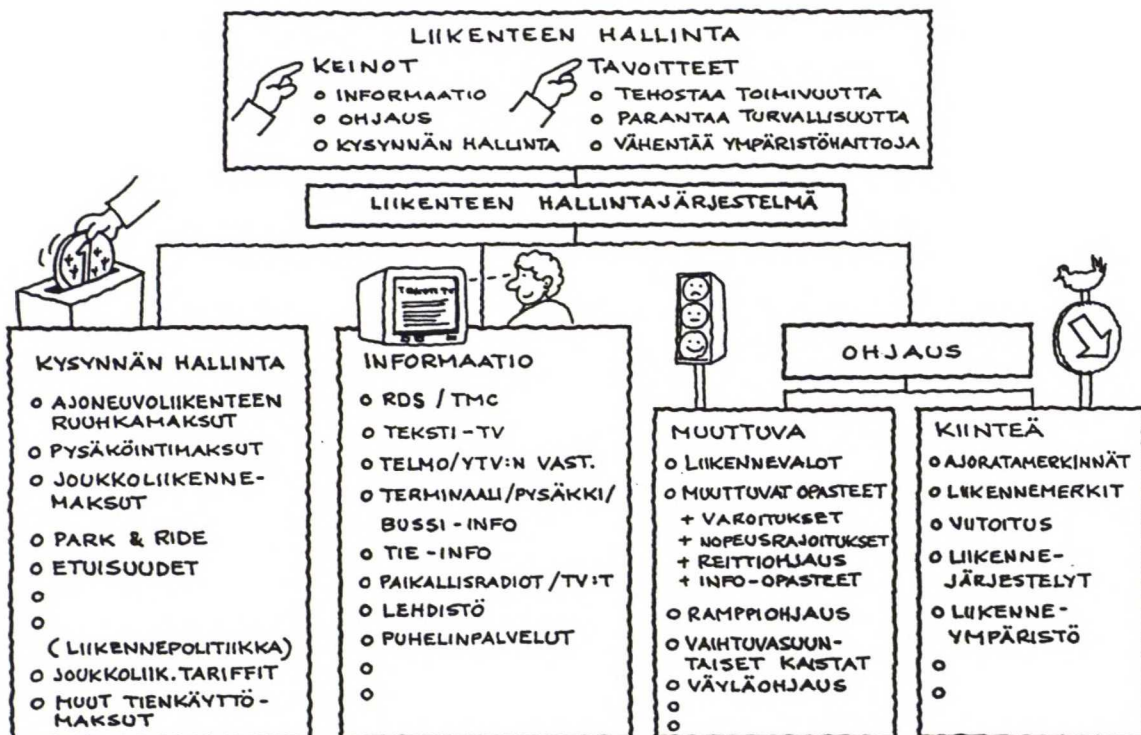
1.1 Mitä tieliikenteen telematiikka on?

Telematiikka (engl. telematics, ransk. télématique) on se osa tietotekniikkaa, joka sisältää sekä tietoliikennetekniikkaa että tietojenkäsittelytekniikkaa (Tekniikan sanastokeskus ja Puhelinlaitosten liitto 1991).

Liikenteen telematiikka on vakiintumassa yleisnimitykseksi lukuisalle joukolle tekniikoita, joilla kerätään ja käsitellään tietoa tieoloista, liikenteestä ja liikkumisesta ja hyödynnetään sitä liikenteen ohjauksessa, tiedottamisessa tai kaluston ja yksittäisten ajoneuvojen hallinnassa. Telematiikka mahdollistaa myös kehittyneet, automatisoidut maksujenperintäjärjestelmät. *Telematics*-sana otettiin ensimmäistä kertaa laajempaan käyttöön EU:n *Advanced Transport Telematics* (ATT) -tutkimusohjelman eli DRIVE II -ohjelman nimessä. Erilaisten telematiikkasovellusten yleistyessä käytetään yhä useammin myös lyhempää termiä *Transport Telematics* (TT, liikenteen telematiikka). Liikenteen telematiikka -termin käyttöä edelsi EY:n DRIVE I -tutkimusohjelman käyttämä *Road Transport Informatics* (RTI, tieliikenteen informaatiotekniikka). Yhdysvalloissa ala on kulkenut nimellä *Intelligent Vehicle/Highway Systems* (IVHS, "älykkäät ajoneuvo- ja tiejärjestelmät"), mutta nyt ollaan siirtymässä termiin *Intelligent Transportation Systems* (ITS, "älykkäät liikennejärjestelmät"). Japanissa on käytetty esimerkiksi termiä *info-mobility technologies*. Eri nimitykset ovat lähes synonyymejä. Road Transport Informatics ja Intelligent Vehicle/Highway Systems korostivat tieliikennettä - Transport Telematics kattaa myös muut liikennemuodot, vaikka senkin painopiste on toistaiseksi ollut tieliikenteessä.

Liikenteen telematiikka on liikenteen hallinnan apuväline. Liikenteen hallinnalla (*Traffic Management*) tarkoitetaan vaikuttamista liikenteen käyttäytymiseen informaation, ohjauksen ja maksujen avulla (kuva 1, Tielaitos 1994a). Liikenteen hallinnalla pyritään parantamaan liikenteen tehokkuutta, turvallisuutta, taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä vaikuttamalla liikenteen kysyntään, kulkutapajakaumaan, reitin ja matkan ajankohdan valintaan sekä liikkujan käyttäytymiseen. Keinoja tavoitteisiin pääsemiseksi ovat esimerkiksi Zimmermannin (1994) mukaan matkojen ajankohtiin ja reitinvalintaan vaikuttaminen sekä harhaanajojen ja kohdettaan etsimään joutuvan liikenteen vähentäminen tehokkaalla informaatiolla, joukkoliikenteen houkuttelevuuden lisääminen ja jakeluliikenteen tehostaminen erityisesti taajamissa sekä yhdistettyjen kuljetusten käytön lisääminen pitkämatkaisessa liikenteessä. Liikenteen hallinta palvelee siten sekä yhteiskunnallisia, yksityisiä että talouselämän päämääriä.

Liikenteen telematiikkaa voidaan lähestyä monella tavalla. Keller (1993) mainitsee kaksi käytettyä lähestymistapaa: liikennepoliittisista ja muista tavoitteista lähtevän Top-Down-lähestymistavan ja tekniikkälähtöisen Bottom-Up-lähestymistavan (kuva 2).



Kuva 1. Liikenteen hallinta (Tielaitos 1994a).

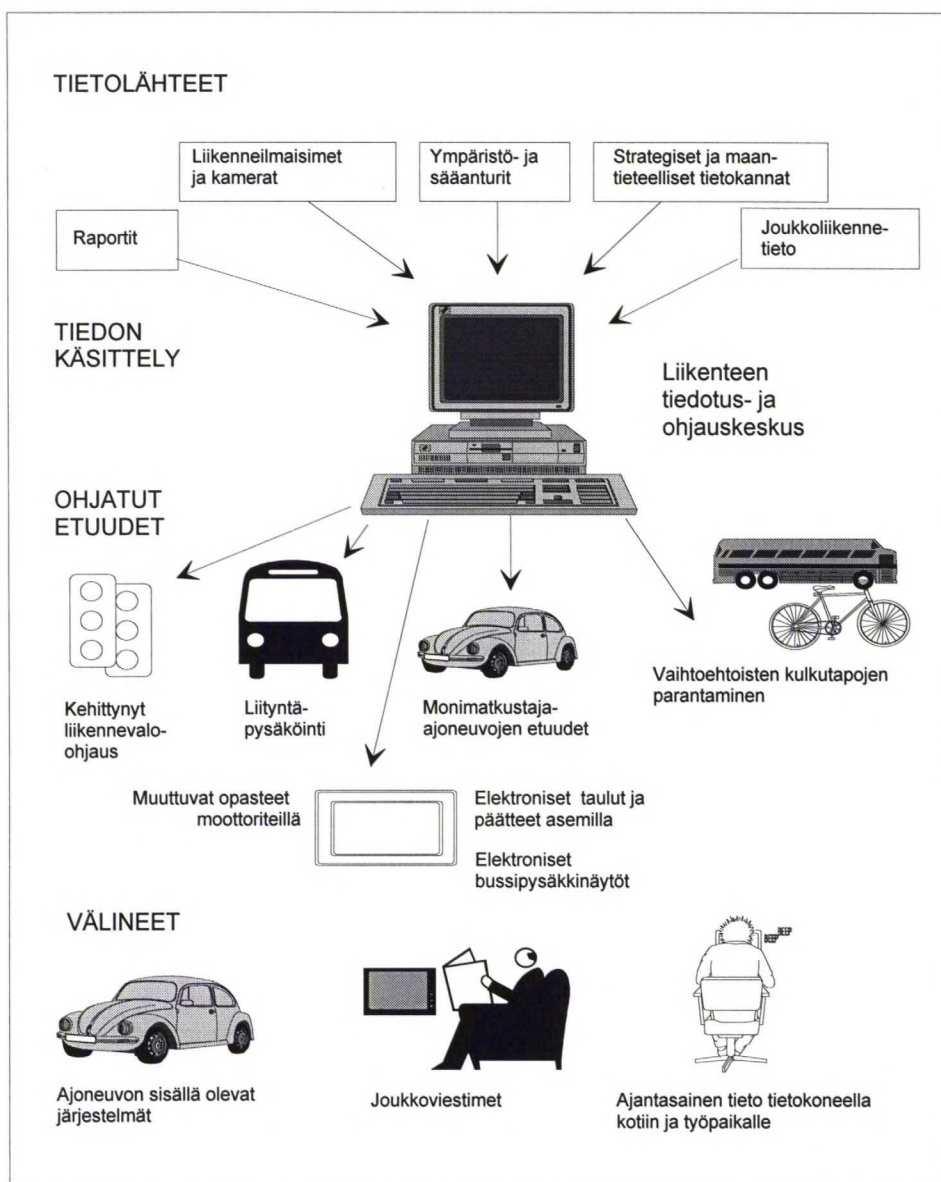
Top-Down -lähestyminen

- politiikat: "parempi kaupunkielämän laatu"
- tavoitteet: "ympäristön saastumisen vähentäminen"
- strategiat: "joukkoliikenteen etuudet"
- tekniikat: "algoritmi bussien etuusjärjestelyille liikennevaloissa"

Bottom-Up -lähestyminen

Kuva 2. Top-Down ja Bottom-Up -lähestymistavat liikenteen telematiikkaan (Keller 1993).

Liikenteen telematiikkasovellukset voidaan jaotella monella tavalla. Luvussa 2 on esitelty Euroopan unionin ja Yhdysvaltojen telematiikan tutkimusohjelmien rakenteet, jotka kuvaavat menetelmien kokonaiskenttää. Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen tieliikenteen tiedotus- ja ohjausjärjestelmä.



Kuva 3. Tieliikenteen tiedotus- ja ohjausjärjestelmä (Hampshire County Council 1993, DRIVE II:n ROMANSE-projekti).

Koska alan suomenkielinen terminologia on vielä vakiintumatonta, alkuperäisiä (englanninkielisiä) termejä on säilytetty tekstissä. Liitteessä 1 on englanti - suomi -sanasto työn teon aikana esille tulleista termeistä.

1.2 Tieliikenteen telematiikan historiaa

Liikenteen telematiikalla on pisimmät perinteet Japanissa, missä on kehitetty 1960-luvulta alkaen liikenteen ohjausta ja hallintaa helpottavia järjestelmiä. Japanilaisia tutkimusohjelmia ovat olleet mm. RACS (Road/Automobile Communication System) ja AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems), jotka on nytemmin yhdistetty VTCS (Vehicle Information Communication System) -ohjelmaksi. Käynnissä on myös 20 - 30 vuoden kuluessa käytössä olevia tekniikoita valmisteleva SSVS (Super Smart Vehicle System) -ohjelma.

Euroopassa telematiikkaa on tutkittu 1970-luvulta lähtien. Vuonna 1970 aloitettu *COST 30 (Electronic Traffic Aids on Major Roads)* oli osa laajempaa eurooppalaista tieteellistä ja teknistä yhteistyötä (*European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, COST*). *COST 30:n* keskeisiä tutkimusalueita olivat radioitse ja suoraan ajoneuvoon välitetty liikennetieto, muuttuvat opasteet, tienkäyttäjien informaatiotarpeet, häiriöiden ja sään automaattinen seuranta ja tunnistaminen, liikenteen ohjauskeskukset ja -strategiat. Työ jatkui myös 1980-luvun *COST 30 BIS*-projektina. (Commission of the European Communities 1992b.)

Vuonna 1986 käynnistettiin pääosin autoteollisuuden rahoittama ja johtama *PROMETHEUS*-ohjelma (*PROgramMe for a European Traffic system with Highest Efficiency and Unprecedented Safety*). Tutkimusohjelma on nyt päättymässä ja sitä jatkamaan on kaavailtu *PROMOTE* (*PRogramme for MObility and Transportation in Europe*)-nimistä ohjelmaa.

Vuonna 1988 aloitettiin Euroopan yhteisön jäsenmaiden yhteistyönä *DRIVE*-ohjelma (*Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe*), joka toi tutkimuslaitokset ja viranomaiset mukaan liikenteen telematiikan kehitystyöhön.

Osittain Euroopan merkittävän panostuksen seurauksena Yhdysvallat yhdisti erilliset liikenteen telematiikan tutkimushankkeensa vuonna 1991 kansalliseksi *IVHS (Intelligent Vehicle/Highway Systems)* -ohjelmaksi (Judycki et al 1993). Ohjelmaa koordinoiva kattojärjestö *IVHS America* vaihtoi nimeä elokuussa 1994 ja on nyt *Intelligent Transportation Society of America, ITS America*. Intelligent Transportation Systems -nimitys otettaneen käyttöön myös varsinaisen tutkimusohjelman nimessä vuonna 1995.

1980-luvun puoleenväliin asti kokeiltiin yksittäisiä järjestelmiä, joita arvioitiin lähinnä tekniikan toimivuuden kannalta. Nytemmin tarkasteluun ovat tulleet monta eri telematiikan keinoja yhdistävät kokonaisuudet ja eri kulkutapojen tietojärjestelmien yhdistäminen. Tärkeäksi on noussut myös kysymys siitä, millaisia vaikutuksia ja yhteiskuntataloudellisia hyötyjä uusilla tekniikoilla voidaan saavuttaa.

1.3 Tieliikenteen telematiikan kustannukset

Ruotsin liikenneministeriö (Kommunikationsdepartementet 1993) on arvioinut infrastruktuurin ja ajoneuvon varustamisen kustannuksia taulukon 1 mukaisiksi.

Taulukko 1. Telematiikan arvioituja kustannuksia (Kommunikationsdepartementet 1993).

Osafunktio	Hinta (1 000 SEK)
Infrastrukturi	
Liikenteen ohjauskeskus	5 600 - 15 000
Joukkoliikenteen keskitetty ohjausjärjestelmä	2 600 - 5 300
Silmukka-anturi (1 kpl)	100
CCTV-kamera (1 kpl)	2
Bussien liikennevaloetusvarusteet (/risteys)	60
Radiomajakat (kilometrikustannus)	55
Hätäpuhelin (1 kpl)	55
TV-kamera (1 kpl)	150 - 1 100
Muuttuva opaste (tiedotustaulu)	1 100
Ajoneuvo	
Autopuhelin	15
RDS-TMC-varusteet (/ajoneuvo)	4 - 25
Navigointi-/paikannuslaite	15
Ajantasaiseen reittiopastukseen tarvittava navigointilaite	15
GSM-puhelin	35
Maksujenperintälaite (/ajoneuvo)	0,4
Joukkoliikennevälineen informaatiovarusteet	15

Tanskalainen Vejdatallaboratoriet arvioi vuonna 1992 kuvitteellisen informaatiojärjestelmän kustannuksia. Informaatio jaeltaisiin RDS-TMC:llä ja tieto kerättäisiin - perinteisten keinojen lisäksi - anturiajoneuvoilla, jotka tuottavat järjestelmään matka-aikatietoa joko erityisten majakoiden tai autopuhelinverkon avulla. Tanskaan tarvittaisiin 3 - 4 alueellista liikenteen hallintakeskusta, joiden jokaisen perustamiskustannukset olisivat noin 50 miljoonaa DKK ja ylläpitokustannukset 1 - 2 miljoonaa DKK vuodessa. Majakkaverkon perustamiskustannukset olisivat noin 150 - 300 miljoonaa DKK (2 000 - 3 000 kappaletta majakoita à 70 000 - 100 000 DKK), ja myös autopuhelinverkkovaihtoehdon kustannukset arvioidaan samansuuruisiksi. Tiedonsiirron käyttökustannukset arvioidaan 5 %:ksi majakkaverkon perustamiskustannuksesta eli 7 - 15 miljoonaksi DKK:ksi vuodessa. Anturiajoneuvojen varusteiden kustannuksia tuettaisiin 150 - 250 miljoonalla DKK:lla (4 000 - 6 000 DKR/ ajoneuvo, 40 000 varustettua ajoneuvoa eli 2 % autokannasta). Informaatiojärjestelmän kokonaiskustannukset olisivat siten noin 0,5 - 1 miljardia DKK. Esimerkkiin ei ole laskettu mukaan autoilijoiden omalla kustannuksellaan hankkimia laitteita kuten RDS-(TMC) -vastaanottimia ja digitaalisia tiekarttoja. (Vejdirektoratet 1992.)

Euroopan unionin liikennedirektooraatin (Directorate General 7) MAGIC-ryhmä on tutkinut liikenteen hallintaa eurooppalaisella päätieverkolla (Trans-European Road Network, TERN). Suomesta TERN-verkkoon kuuluvat etelä-pohjoissuuntaiset yhteydet Helsinki - Utsjoki, Helsinki - Vaasa, Turku - Jyväskylä sekä poikittaisyhteydet Turusta, Oulusta ja Kemistä

itärajalle. Työryhmä arvioi telematiikan kustannusten olevan 5 - 10 % koko moottoritien investointikustannuksista ja euroopanlaajuisen TERN-verkon varustamisen maksavan noin 13 miljardia ECUa. Näin suurta rahoitusta on vaikea saada julkiselta sektorilta, joten pyrkimyksenä on saada kustannuksia käyttäjien maksettavaksi. MAGIC-työryhmä ei kuitenkaan osaa arvioida, kuinka paljon käyttäjät ovat halukkaita maksamaan informaatiopalveluista. (European Commission, Directorate General for Transport 1994.)

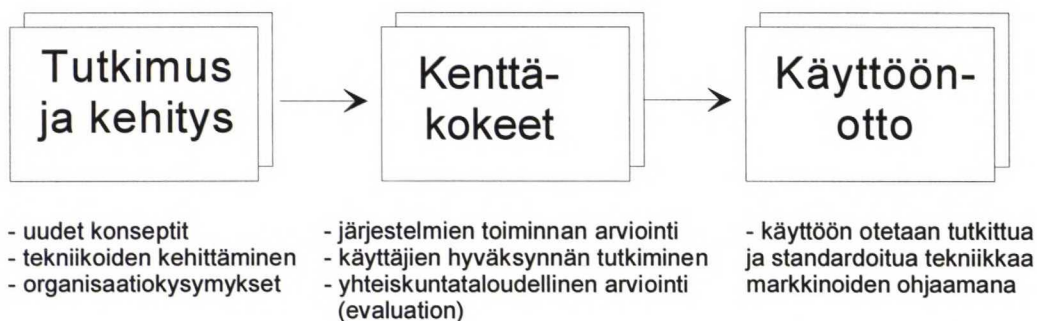
Yhdysvaltalaisten arvioiden mukaan navigointilaitte maksaa noin 750 - 1 000 USD sarjatuotantona. Vuonna 1991 japanilaiset Toyota ja Nissan alkoivat tarjota navigointilaitteita noin 2 500 USD:lla. Mazda, jonka navigointijärjestelmässä oli myös GPS-paikannus, tarjosi laitteen 4 000 USD:lla. (Kommunikationsdepartementet 1993.)

1.4 Liikenteen telematiikan käyttöönotto ja tulevaisuus

Todellisessa käytössä olevia järjestelmiä on vielä vähän. Liikenteen telematiikan tulevaisuus on pitkälti riippuvainen siitä, pystytäänkö pilottihankkeilla osoittamaan tekniikka hyödylliseksi ja sen edut kustannuksia suuremmiksi. Monen telematiikkasovelluksen yleistyminen seuraa Ruotsin tielaitoksen (Swedish National Road Administration 1987) mukaan seuraavia vaiheita:

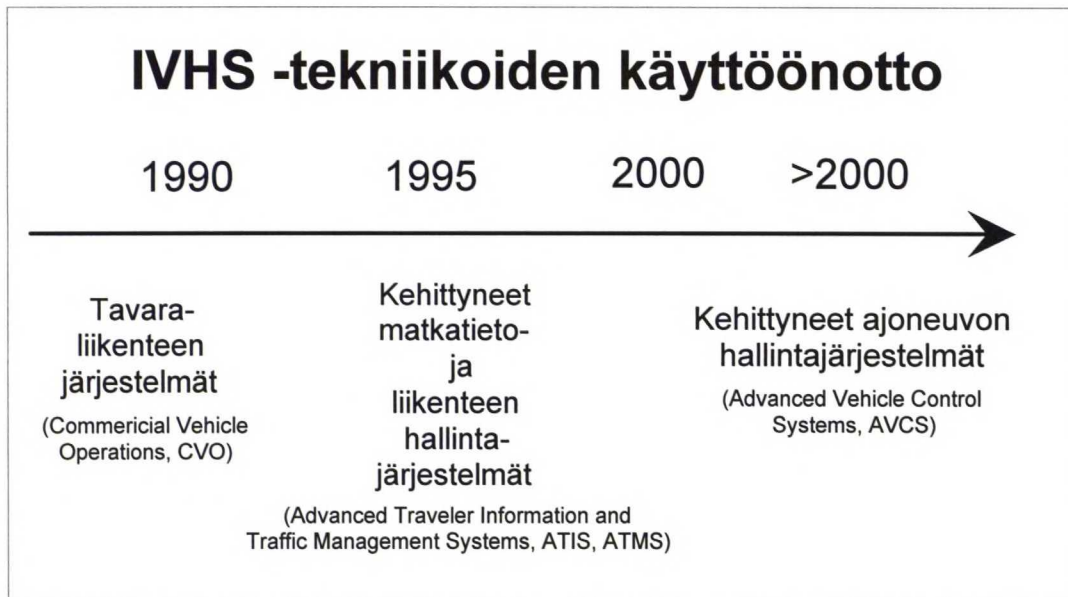
1. onnistuneet laboratoriotutkimukset ja kenttäkokeet
2. järjestelmän tulo kaupallisille markkinoille
3. suurin osa ammattimaisesta liikenteestä käyttää kyseistä järjestelmää
4. suurin osa kaikista ajoneuvoista on varustettu järjestelmällä
5. järjestelmä on pakollinen kaikissa ajoneuvoissa.

Tutkimus- ja kehitysohjelmilla on merkittävä rooli liikenteen telematiikan käyttöönotossa. Kuvassa 4 on Federal Highway Administrationin (1991) käsitys IVHS-ohjelman roolista.



Kuva 4. IVHS-ohjelman rooli liikenteen telematiikan käyttöönotossa (FHWA 1991).

Tällä hetkellä varsin pitkälle kehittyneitä ovat tavarakuljetusten ja kaluston hallinta sekä liikenteen informaatio- ja ohjausjärjestelmät. Ajoneuvonhallinta ja toimintojen osittainenkin automatisointi ovat vielä tulevaisuutta (kuva 5).



Kuva 5. IVHS-tekniikoiden kehitys ja käyttöönotto (Federal Highway Administration 1991).

Telematiikan käyttöönoton yleistymisen esteitä

Ruotsin tielaitos on listannut telematiikan yleistymisen esteitä arvioidussa merkittävyyssjärjestyksessä (Swedish National Road Administration 1987):

1. järjestelmän investointi- ja käyttökustannukset
2. vastuukysymykset
3. järjestelmän luotettavuus ("high tech -vaatimukset massatuotteelle")
4. käyttäjien saamat hyödyt kustannuksiin verrattuna
5. yksityisyyden suoja (tienkäyttäjien tunnistaminen - "isoveli valvoo")
6. tienkäyttäjien psykologinen vastustus ("Jätänkö henkeni tämän järjestelmän varaan?")
7. tekniikka (kuinka esim. toteutetaan järjestelmä, joka samanaikaisesti parantaa sekä turvallisuutta että liikenteen sujuvuutta)
8. tienkäyttömaksujen vastustaminen
9. ergonomia (jos järjestelmä ei ole käyttäjäystävällinen, sitä ei käytetä).

Myös Whitworth (1994) käsittelee tienkäyttäjän informaatiojärjestelmien markkinoita ja kehitystä. Esitys perustuu 13 asiantuntijan paneelin mielipidetutkimukseen. Tutkimuksen perusteella kirjoittaja esittää, että telematiikan leviämislle massamarkkinoille on kolme estettä:

järjestelmien kustannukset käyttäjille, ajantasaisen liikennetiedon laatu ja tarve osoittaa yhteiskunnalle järjestelmistä koituvat hyödyt, jotta tuleviin hankkeisiin voidaan investoida. Lisätietoja kaivataan vielä esimerkiksi käyttäjien tarpeista ja maksuhalukkuudesta.

Whitworthin (1994) mukaan liikenteen telematiikalle on useita lupaavia markkinoita:

- tavaraliikenne
- vuokra-autot
- hätäajoneuvot
- vierailta alueilla paljon ajavat "kauppamatkustajat" ja
- ihmiset, joista on mukavaa ostaa tekniikkaa autoon ja varaa maksaa siitä.

Nämä ryhmät eivät kuitenkaan ole riittävän suuria, jotta ajantasaisen liikennetiedon kerääminen esimerkiksi ajantasaista reittiopastusta varten olisi kannattavaa. Siihen tarvitaan massamarkkinoita.

Ajoneuvopäätteiden hinnat ovat Yhdysvalloissa tällä hetkellä noin 2 000 USD. Whitworthin (1994) mukaan tuotteilla ei ole mahdollisuuksia massamarkkinoille, jollei niiden hinta laske 1 000 USD:iin tai sen alle.

Tiedon laatua voidaan parantaa kehittämällä tiedonkeräystapoja sekä liikenteen ennustemalleja. Nykyiset tiedonkeräysjärjestelmät eivät ole kovin kattavia ja yhtenä ratkaisuna ongelmaan pidetään ajoneuvojen käyttöä esimerkiksi matka-aikatiedon tuottamiseen. Havaittu data vanhenee kuitenkin nopeasti ja tietoa voidaan tarjota suurelle osalle ajoneuvoista vain, jos liikennetilannetta ennustavat algoritmit ovat kehittyneitä.

Lisäksi vaikuttaa siltä, että useimmat palveluiden käyttäjät eivät ole valmiita maksamaan informaatiosta tai ainakin haluavat sitä pienin kustannuksin. Monet ovatkin sitä mieltä, että julkisen sektorin tulisi tarjota informaatiopalvelut ja niiden tulisi olla käyttäjille ilmaisia.

Liikenteen telematiikan tulevaisuuteen vaikuttavat merkittävästi ajoneuvolaitteiden kustannusten sekä informaation laadun ja tiedonhankintakustannusten kehittyminen. Whitworth (1994) tiivistää, että kaikkien kolmen osatekijän tulee parantua, jotta informaatiojärjestelmillä olisi mahdollisuuksia massamarkkinoilla.

1.5 Liikenteen telematiikka Suomessa

1.5.1 Nykytila, tutkimus- ja kehitystoiminta

Tienkäyttäjien informaatiopalvelut

Radio on perinteisin liikennetiedon kanava. Radio Suomen liikenneohjelmissa tarjotaan poliisin ja tielaitoksen toimittamaa tietoa liikenteen sujuvuudesta ja häiriöistä. Alue- ja paikallisradiot antavat ajantasaista liikennetilannetietoa esimerkiksi helikopterista tehtyihin

havaintoihin perustuen pääkaupunkiseudulla. Tielaitos toimittaa talviaikaan kelitiedotteita, joita radiot lukevat. Paikallisradioilla on myös puhelimia, joihin autoilijat voivat soittaa palautetta liikennetilanteesta.

Poliisi, tielaitos ja Yleisradio ovat kehittäneet liikenteen tiedotusjärjestelmän, joka välittää poliisin ja tielaitoksen alueorganisaation toimittamat liikennetiedotteet valtakunnallisen liikenteen tiedotuskeskuksen kautta Yleisradiolle ja edelleen tienkäyttäjille. Syksystä 1994 alkaen lähetetty tieto on voitu kohdistaa alueellisesti RDS (Radio Data System) -tekniikan avulla.

Tielaitos tarjoaa tietyö- ja kelitietoja teksti-tv:ssä ja radiossa sekä kelitietoa Telesammossa. Keli-, tietyö- ja liikennetietoja sekä reittineuvoja voi kysyä myös puhelimitse tiepiirien tiedotus- ja kelikeskuksista sekä valtakunnallisesta liikenteen tiedotuskeskuksesta.

Tienvarressa tietoa annetaan tienvarsinäytöillä (nopeus, lämpötila tai turvaväli). Palvelualueilla ja huoltoasemilla on käytössä noin 50 Tie-info -monitoria ja kolme interaktiivista, reitinsuunnitteluapua tarjoavaa liikenteen tiedotuspistettä sekä tielaitoksen tiesääjärjestelmän yleisöpäätteitä. Tiedotuspisteitä kehitetään edelleen.

Tielaitoksen tarjoaman tiedon kehittämisen pääpaino on keli-informaation kehittämisessä ja sen vaikutusten tutkimisessa:

- Tienvarressa tarjottavien keliviestien ymmärrettävyyttä on tutkinut Kosonen (1993).
- Keli-informaation vaikutuksesta kuljettajan käyttäytymiseen on tehty tutkimus Turun tiepiirissä. Valtatie 8:lla kokeiltiin talven 1993 - 1994 aikana muuttuvilla opasteilla tarjottavan tiedon vaikutusta kuljettajan käyttäytymiseen. Opasteet näyttävät liikennemerkkiä "liukas ajorata" tai kelin ja ajoneuvon tyypin mukaan muuttuvaa turvavälisuositusta. Kokeilua jatketaan talven 1994-1995 ajan Turun ja Uudenmaan tiepiireissä valtateillä 1 ja 8.

Liikenteen uudet ohjausmenetelmät

Tiepiirit ovat toteuttaneet ja suunnittelevat muuttuviin opasteisiin perustuvaa reittiopastusta, ruuhkavaroituksia, muuttuvia nopeusrajoituksia ja kaistaohjausta:

- reittiopastus, vt 4, Järvenpää - Mäntsälä (-94)
- ruuhkavaroitus, vt 6, Koskenkylä (-94)
- sään ja kelin mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset, vt 7, Otsola-Summa, Kotka (-94)
- muuttuvat nopeusrajoitukset ja kaistaohjaus, vt 5, Kallan sillat, Kuopio, (-94)
- Länsiväylän ruuhkavaroitustajärjestelmä (-94/95)
- muuttuvat nopeusrajoitukset ja kaistaohjaus, vt 4, Koskelantie - Kehä III (-96).

Muuttuvia nopeusrajoituksia on käytetty aiemminkin esimerkiksi valtatie 7:llä Koskenkylässä sumuisessa tienkohdassa ja Tervajoella vilkasliikenteisellä tiellä koulun läheisyydessä. Nyt toteutetut ja suunnitteilla olevat järjestelmät ovat näitä huomattavasti laajempia. Esimerkiksi

sääohjatun tien Otsola -Summa koeosuus on 14 km:n mittainen ja sillä on 36 muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä ja viisi muuttuvaa tiedotustaulua.

Helsingin seudun liikenteen hallinta

Selvitys liikenteen hallinnasta pääkaupunkiseudulla valmistui helmikuussa 1994. Liikenteen hallintajärjestelmän keskeiset komponentit ovat liikenteen hallintakeskus, liikenteen ja kelin seurantajärjestelmät, liikenteen ohjaus ja informaatio sekä häiriötilanteiden hallinta. Hallintajärjestelmä toteutetaan vaiheittain useiden vuosien kuluessa. (Tielaitos 1994a.)

Pysäköinnin opastus- ja maksujärjestelmät

Helsingin ja Tapiolan keskustoissa sekä Oulussa ja Tampereella on toteutettu muuttuviin opasteisiin perustuva pysäköinnin opastusjärjestelmä. Helsingissä ja Jyväskylässä on käytössä pysäköinnin kehittynyt maksujärjestelmä.

Joukkoliikennetieto ja monikulkutapatieto

Suomessa on toteutettu ja kehitteillä järjestelmiä, jotka tarjoavat joukkoliikennetietoa matkustajille pysäkillä ja joukkoliikennevälineessä:

- Helsingissä bussilinjalla 18 tarjotaan pysäkki-informaatiota bussin odotusajasta (Helsingin kaupungin liikennelaitos ja liikenneministeriö).
- Helsingissä raitiovaunulinjalla numero 4 annetaan tietoa seuraavasta pysäkestä sisällä raitiovaunussa. HKL suunnittelee myös muuta tiedottamista.
- Pääkaupunkiseudulla on kehitetty reittioptimointiohjelmisto erityisesti joukkoliikenteen puhelinneuvojen apuvälineeksi. Ohjelmiston pohjalta YTV on kehittämässä myös matkustajille tarkoitettuja reittineuvonta-automaatteja, joita on tarkoitus kokeilla vuonna 1995.
- Espoon kaupunki, tielaitos ja liikenneministeriö kehittävät Etelä-Espoon ja Länsi-väylän pysäkki-informaatiota.
- Pääkaupunkiseudun joukkoliikenteen ajantasaisen informaatiojärjestelmän yleis-suunnittelu on käynnissä YTV:ssä.

Myös usean kulkutavan käyttäjiä hyödyttäviä järjestelmiä on toteutettu tai toteutumassa:

- Telesammon Suomen Aikataulut -palvelussa, johon saa yhteyden tietokoneella kotoa tai työpaikalta, on sekä eri joukkoliikennemuotojen elektronisia aikatauluja että tielaitoksen toimittamaa kelitietoa.
- Helsingin seudulle suunnitelluista liityntäpysäköintialueista kolmella kokeillaan vuonna 1995 seuraavan junan lähtöajan tai bussin ja metron vuorovälin kertomista autoilijoille muuttuvilla tiedotustauluilla.

Lisäksi 70:ssä risteyksessä Helsingissä on järjestetty liikennevaloetuuksia raitiovaunuille jo 1980-luvulta lähtien. Myös bussiantureita on testattu (Liikenneministeriö et al 1993).

Liikenneministeriö koordinoi erilaisten älykorttien kehittämistä maksuvälineiksi. Onnistuneita kokeiluja on suoritettu mm. Kotkassa, Oulun seudulla, Turussa, Seinäjoella ja Helsingissä. (Penttinen 1993.) Matkahuolto ja liikenneministeriö ovat olleet toteuttamassa valtakunnallista, avointa, yhteensopivaa maksujärjestelmää.

Tavarakuljetusten ja kuljetuskaluston hallinta

Kaupallisia navigointisovelluksia on jo tarjolla: paikannukseen käytetään avuksi satelliitteja ja ajoneuvo voidaan ohjata lastauspaikalle ajoneuvopäätteellä esitettävällä digitaalisella kartalla. Vaarallisten aineiden kuljetusten seuranta on keskeisiä tutkimusalueita.

1.5.2 Tieliikenteen telematiikan tulevaisuus Suomessa

Tielaitoksen ja muiden organisaatioiden yhteistoiminnan tuloksena on suunniteltu toteutettavaksi vuoteen 2005 mennessä seuraavaa (Tielaitos 1994b, taulukko 2):

- Ajantasaista tie- ja liikennetietoa tarjotaan RDS/TMC:n tai vastaavien järjestelmien kautta lähes kaikkiin ajoneuvoihin matkan aikana. Ennen matkaa vastaava tieto on saatavissa kotona, työpaikoilla ja terminaaleissa. Tiedon toimittamisesta vastaavat tielaitoksen ylläpitämät liikenteen hallinta- tai tiedotuskeskukset.
- Vallitsevat kelit voidaan tunnistaa luotettavasti ja niistä tiedotetaan ajantasaisesti kuljettajille päätieverkolla.
- Liukkaudesta, sumusta ja vastaavista tiedotetaan tienvarsilla muuttuvilla opasteilla kohdissa, joissa ongelmia esiintyy usein mutta ennalta arvaamattomasti.
- Liikenteen häiriöt ja niiden syyt havaitaan nopeasti ja häiriöiden poistamiseen ja niiden seurausten minimoimiseen ryhdytään nopeasti.
- Suurimmilla kaupunkiseuduilla ja vilkkaimmilla pääväylillä on käytössä tehokas liikenteen seurantarjestelmä, joka on tiedotus- ja ohjaustoiminnan perustana.
- Kaikissa joukkoliikennemuodoissa on käytössä ajantasainen tietojärjestelmä, joka on kytketty matkansuunnittelujärjestelmiin helpottamaan matkan suunnittelua ennakoon ja matkan aikana.
- Joukkoliikenteelle, jakeliikenteelle ja henkilöautoille, joissa on tietty määrä matkustajia, on tarjolla sekä erityiskaistoja että liikennevaloetuksia tarpeellisissa kohdissa.
- Kutsubussijärjestelmä on yleinen alueilla, joilla säännöllinen linjaliikenne on kannattamatonta.
- Vaarallisia kuljetuksia seurataan tiiviisti, jotta suuronnettomuuksilta välttyttäisiin. Tunnelit, pitkät sillat, vilkkaat väylät ja taajama-alueet ovat erityisen tarkkailun kohteina, koska yhteiskunnan turvallisuusvaatimukset nousevat jatkuvasti.

- Liikenteen kysyntää saatetaan ohjata ruuhkatullein pääkaupunkiseudulla. Moottori-
väylillä on käytössä ainakin raskaan liikenteen käyttömaksuja. Pääkaupunkiseudulla
on integroitu liikenteen maksujärjestelmä, joka tekee liityntäpysäköinnistä houkut-
televan vaihtoehdon.
- Muuttuvat nopeusrajoitukset ovat edellisiä yleisempiä hetkellisesti ruuhkautuvilla
taajamien sisääntulo- ja kehäväylillä.
- Muutamilla ylikuormittuneilla väylillä saattaa olla käytössä vaihtuvasuuntaisia kais-
toja, ramppiohjausta, reittiopastusta ja muita väyläohjausjärjestelmiä.

Järjestelmien ja toimintojen ansiosta liikennejärjestelmän hyväksikäyttö on tehostunut oleel-
lisesti tärkeimmillä väylillä ja alueilla.

Taulukko 2. Tieliikenteen hallinnan toteutumisarvio 1995 - 2004 (Tielaitos 1994b).

TOIMENPIDE	1995 - 2000	2000 - 2005
LIIKENTEEN HALLINTA	<ul style="list-style-type: none"> ♦ pääkaupunkiseudun liikenteen- hallintakeskuksen perustaminen ♦ häiriöiden hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ muutamien kaupunkien välisten liikennekäytävien hallinta
KYSYNNÄN HALLINTA ♦ Park & Ride aktiivikäytössä ♦ ajoneuvon yhteiskäyttö ♦ etuudet ♦ ruuhkatullit ja tienkäyttömaksut	<ul style="list-style-type: none"> ♦ liityntäpysäköintikokeilu pääkaupunkiseudulla ♦ ryhmäajokokeilut ♦ joukkoliikenteen etuudet (kaistat ja valo-ohjaus) 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ tienkäyttömaksut ja aluetullit mahdollisia ♦ pääkaupunkiseudulla vaihtoterminaaleja
SEURANTA ♦ informaatio- ja hallintatie- tojen keräys	<ul style="list-style-type: none"> ♦ liikenteen seuranta: pääkau- punkiseutu ja mahdollisesti 2 - 3 muuta kaupunkiseutua ♦ kelianturien kehittäminen 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ laajeneminen tärkeimmälle taaja- mien väliselle verkolle ♦ luotettava kelien seuranta
LIIKENNETIETO ♦ ennen matkaa ♦ matkan aikana	<ul style="list-style-type: none"> ♦ sää- ja kelitietojen välittäminen ♦ liikennetiedot radiossa ja aamu-tv:ssä ♦ RDS/TMC -palvelut laajenevat ♦ muuttuvien opasteiden käytön pilottiprojekteja 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ RDS/TMC aktiivikäytössä ♦ muuttuvia opasteita paikallisilla jaksoilla (hintaa rajoittaa käyttöä)
AJONEUVOLAITTEET ♦ olosuhteiden seuranta	<ul style="list-style-type: none"> ♦ anturiajoneuvojen tietoa järjes- telmälle (pilottiprojekteja) 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ anturiajoneuvojen tietoa myös suoraan muihin ajoneuvoihin ♦ ihmisten, eläinten ja esteiden ha- vaitseminen osassa ajoneuvoja
KULJETUSTEN HALLINTA ♦ vaarallisten aineiden kul- jetusten hallinta	<ul style="list-style-type: none"> ♦ vaarallisten aineiden kuljetusten seurantajärjestelmä valtakunnan ra- jalle ja tunneleihin 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ vaarallisten aineiden kuljetusten seurantajärjestelmä käytössä tärkeimmillä jaksoilla

Tähän selvitykseen on koottu tietoa tieliikenteen telematiikasta ja sen vaikutuksista maail-
malla. Selvitys tarjoaa myös näkökulman telematiikkahankkeiden vaikutusten arviointiin ja
arviointimenetelmiin. Työ on osa tielaitoksen Liikenteen hallinta -projektia, jonka tavoittee-
na on arvioida, voidaanko liikenteen telematiikan keinoilla vaikuttaa liikenteen ongelmiin
Suomessa.

2 LIIKENTEEEN TELEMATIIKAN TUTKIMUSOHJELMAT

2.1 DRIVE

DRIVE I (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety)

DRIVE I -ohjelma toteutettiin vuosina 1988 - 1991 Euroopan yhteisön jäsenmaiden yhteistyönä. DRIVE I:n painopiste oli teoreettisessa tutkimustyössä. Ohjelma koostui 72 projektista, jotka oli jaettu neljään ryhmään tutkimusalan perusteella: yleinen suunnittelu, liikennepsykologiaan liittyvät näkökohdat ja liikenneturvallisuus, liikenteen ohjaus sekä palvelut, tiedonvälitys ja tietokannat. (Commission of the European Communities 1992a.)

DRIVE I edisti osaltaan tekniikan kehittymistä ja tietämystä eri teknisten laitteiden käyttökelpoisuudesta. Samoin huomattiin käyttäjien mukanaolon merkitys seuraavan sukupolven järjestelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa jo aikaisessa vaiheessa.

DRIVE II (The Advanced Transport Telematics Programme, ATT)

DRIVE II -ohjelman projektit tekevät työnsä vuosina 1992 - 1995. Ohjelma keskittyy erityisesti telematiikan käyttöönoton valmisteluun ja sen pilottiprojektit kokeilevat DRIVE I:n teorioita käytännössä. Ohjelma jatkaa DRIVE I:n työtä yleiseurooppalaisten standardien luomiseksi ja kansainvälisen yhteistyön helpottamiseksi.

DRIVE II -ohjelma yhdistää edeltäjänsä tapaan tienkäyttäjät, tutkimuslaitokset, teollisuuden sekä liikenneviranomaiset. Se saa EU:n rahoitusta 124 MECUa (Commission of the European Communities 1993). Ohjelman kokonaiskustannukset (infrastruktuurikustannukset mukaan lukien) ovat noin 7-kertaiset EU:n rahoitukseen verrattuna (Kulmala 1994).

DRIVE II -ohjelma koostuu 66:sta projektista, jotka on jaettu seitsemään pääryhmään:

1. Kysynnän hallinta (Demand Management)

Kysynnän hallinnan tavoitteena on auttaa saavuttamaan tasapaino liikenteen kysynnän ja tiestön kapasiteetin välillä kehittynyttä teknologiaa käyttäen. Kehitteillä olevia sovelluksia ovat esimerkiksi

- automaattiseen ajoneuvontunnistukseen perustuvat pääsyräjoitukset
- pysäköinnin ohjaus ja hinnoittelu
- tienkäyttömaksujen automaattinen perintä ja
- integroidut maksujärjestelmät (esimerkiksi joukkoliikennepalveluiden ja pysäköinnin maksaminen samalla älykortilla).

2. Matka- ja liikennetieto (Travel and Traffic Information)

Osa-alue käsittelee liikkumista koskevan tiedon keräämistä, muokkaamista ja jakelua. Matka- ja liikennetietopalveluita ovat esimerkiksi

- ajantasaisen liikennetiedon välittäminen tienkäyttäjille
- reittiopastus sekä
- matkan suunnittelussa avustavan tiedon ja matkailutiedon tarjoaminen eri välineillä työpaikoilla, kotona ja matkan aikana sekä autoilijoille, joukkoliikenteen käyttäjille että ammattimaiselle liikenteelle.

3. Kaupunkiliikenteen hallinta (Integrated Urban Traffic Management)

Kaupunkiliikenteen hallinnan tavoitteena on kaupunkien liikennejärjestelmien toiminnan tehostaminen. Keskeisiä toimintoja ovat

- liikenteen ohjaus verkkotasolla; reittiopastus
- matka- ja liikennetiedon välittäminen
- pysäköinnin ja hätätilanteiden hallinta
- ympäristön tilan seuranta sekä
- kevyen liikenteen turvallisuuden parantaminen esimerkiksi liittymissä.

4. Maantieliikenteen hallinta (Integrated Inter-urban Traffic Management Systems)

Maantieliikenteen (kaupunkien välisen liikenteen) hallinta koostuu

- liikenteen ohjauksesta sekä
- matka- ja liikennetiedon välittämisestä moottoriteillä ja niiden rinnakkaisväylillä.

Järjestelmät sisältävät tienvarren laitteita liikenteen, sään ja kelin seurantaan ja tiedonkeruuseen, liikkuvien ajoneuvojen punnitukseen ja automaattiseen maksujen perintään. Häiriötilanteita voidaan havaita ja tunnistaa automaattisesti kuvankäsittelytekniikkaa apuna käyttäen. Liikennetietojen vaihtamista naapurimaiden liikenteen tiedotuskeskusten välillä ko-keillaan, jotta sovelluksia voidaan käyttää euroopanlaajuisesti. Reittiopastuksen apuna käy-tetään sekä yksisuuntaisia (vain tietoa ajoneuvoon) että kaksisuuntaisia (ajoneuvot toimivat myös tiedon tuottajina) järjestelmiä. Tieto välitetään usein tienvarren muuttuvilla opasteilla.

5. Kuljettajan avustaminen ja ajoneuvojen yhteistyö (Driver Assistance and Cooperative Driving)

Kuljettajan toimintaa avustavien järjestelmien ja ajoneuvojen yhteistyön tavoitteena on hel-pottaa kuljettajan tehtävää. Ajoapu perustuu sekä tienvarren laitteisiin että ajoneuvopäättei-siin. Edistyneimmissä järjestelmissä ajoneuvot vaihtavat keskenään tietoja, ja joitakin

ajoneuvon hallintatoimintoja on saatettu automatisoida. Tällä hetkellä tehdään vielä perustutkimusta, sillä ennen kehittyneiden järjestelmien toteuttamista tarvitaan nykyistä enemmän tietoa esimerkiksi

- ihmisen ja laitteiden vuorovaikutuksesta
- erityisryhmien, kuten vanhusten ja vammaisten, tarpeista sekä
- telematiikan liikenneturvallisuusvaikutuksista.

6. Tavarakuljetusten ja kuljetuskaluston hallinta (Freight and Fleet Management)

Osa-alueen tavoitteena on kehittää sellaisia kuljetusten ja logistiikan hallintajärjestelmiä, jotka mahdollistavat eri kuljetusmuotojen välisen tiiviimmän yhteistyön. Erityistä huomiota kiinnitetään

- vaarallisten aineiden kuljetuksiin ja yhdistettyihin kuljetuksiin sekä
- CEN:in (*Comité European de Normalisation*) ja EDIFACT:in (*Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport*) standardointityön tukemiseen.

7. Joukkoliikenteen hallinta (Public Transport Management)

Joukkoliikenteen hallinta tähtää joukkoliikenteen houkuttelevuuden lisäämiseen erityisesti aikataulutuksen ja ajoneuvojen ajantasaisen ohjauksen keinoin:

- joukkoliikennekalustoa seurataan ajantasaisesti ja joukkoliikennevälineille annetaan etuuksia valo-ohjauksisissa liittymissä
- joukkoliikenteen käyttäjille tarjotaan aikataulu- ja reittitietoa ajoneuvoissa, pysäkeillä ja terminaaleissa sekä
- kehitetään joustavasti kysyntään vastaavia palveluita.

EU:n IV puiteohjelmaan sisältyvä telematiikan tutkimus- ja kehitysohjelma

EU:n IV tutkimus- ja kehitystoiminnan puiteohjelmaan (1995 - 1998) sisältyvän telematiikan tutkimusohjelman tavoitteiksi mainitaan käyttäjän tarpeista lähteminen (vastakohtana DRIVE I:n tutkimuspainotteisuudelle ja DRIVE II:n tekniikkalähtöisyydelle). Erilaisista *tekniikoista* ja *järjestelmistä* on kolmannen vaiheen myötä tulossa käyttäjän tarpeista lähteviä, todellisille markkinoille tähtäviä *palveluita*. (Liikenneministeriö 1994, ERTICO Newsletter 3/1994.) Painopiste on myös siirtymässä tieliikenteen telematiikasta eri liikennemuotojen yhteistyöhön. Neljännen puiteohjelman telematiikan tutkimusohjelma saa EU:n rahoitusta tieliikenteen osalta noin 205 MECUa (Eurotutkimus 10/1994).

Euroopan unionin komissio asettaa uudelle ohjelmalle taulukon 3 mukaisia tavoitteita.

Taulukko 3. Liikenteen telematiikan tavoitteet ja haasteet (Commission of the European Communities 1994a).

TAVOITTEET	YHTEISKUNNALLISET HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET	TALOUDELLISET HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET	TEKNIikka
1. Liikenne- turvallisuuden edistäminen ja ylläpitäminen liikenteen lisääntyessä	<ul style="list-style-type: none">* liikenneonnettomuuksissa vuosittain kuolleiden (55,000 Euroopan unionin alueella) ja loukkaantuneiden (1,500,000) määrän vähentäminen* hätäpalveluiden parantaminen* yksityisautojen, bussien ja raitiovaunujen sekä tavaraliikenteen, lento- ja rautatieliikenteen ja vaarallisten aineiden kuljetusten turvallisuuden parantaminen* kuljettajien stressin vähentäminen* joukkoliikenteen ja terminaalien turvallisuuden parantaminen	<ul style="list-style-type: none">* onnettomuuskustannusten vähentäminen (50 BECUa vuodessa EU:n alueella)* valvontakustannusten vähentäminen automaattisia järjestelmiä kehittämällä	<ul style="list-style-type: none">* törmäyksenestojärjestelmät, kuljettajan tuki ja ajoneuvon toimintojen automatisointi* tehostettu valvonta* rautatieliikenteen ohjaus- ja kommunikaatio* automatisoinnin lisääminen lentoliikenteen kaikissa vaiheissa* näkyvyyttä parantavat järjestelmät ja kuljettajan toimintojen tarkkailu* lentokoneiden kehittyneet navigointi- ja kommunikaatiojärjestelmät
2. Ruuhkien ja viipeiden vähentäminen	<ul style="list-style-type: none">* ihmisten ja tavaroiden vapaan liikkuvuuden edistäminen* matka-aikojen lyhentäminen* matkakustannusten alentaminen* kaikkien EU:n alueiden saavutettavuuden edistäminen	<ul style="list-style-type: none">* ruuhkakustannusten vähentäminen (100 BECUa vuodessa EU:n alueella)* nykyisen infrastruktuurin käytön tehostaminen siten, että enemmän ihmisiä ja tavaraita pääsee liikkumaan* uusien markkinoiden kehittäminen* eurooppalaiselle teollisuudelle sekä PK-yrityksille myös unionin ulkopuolella* tehokkaampi liikkuminen sekä vapaa-ajan matkoilla että työmatkoilla ja tavarakuljetuksissa	<ul style="list-style-type: none">* kehittynyt liikenteen ohjaus- ja hallintajärjestelmä: valvonta, paikannus, navigointi ja opastus* junien etäisyyden säilyttävä järjestelmä* "saattueena" ajaminen moottoriteillä (convoy operations)* ajoneuvojen yhteistoiminta kaupunkialueilla* alusten kommunikaatiojärjestelmät vilkkailla laivaväylillä* kehittyneet mallittamis- ja simulointivälineet* lentoliikenteen ohjaustoimintojen integrointi
3. Haitallisten ympäristö- ja energia- vaikutusten vähentäminen	<ul style="list-style-type: none">* haitallisten päästöjen vähentäminen* liikenteen meluhaittojen vähentäminen, erityisesti melusuojaukset lentokenttien läheisyydessä* vaarallisten aineiden kuljetusten ja hävittämisen riskien vähentäminen	<ul style="list-style-type: none">* ruuhkista ja harhaanajoista johtuvan turhan polttoaineenkulutuksen vähentäminen (yli 10 % kaikesta tiellä käytetystä polttoaineesta ja 1,4 BECUa vuodessa ilmaliiikenteessä)* energiatehokkaampien liikkumismuotojen (joukkoliikenne) käytön edistäminen* rekkojen ja laivojen tyhjänäajan vähentäminen	<ul style="list-style-type: none">* meteorologiset ja muut seurantavälineet kytkettyinä liikenteen ohjauskeskukseen* lentoliikenteen ja vaarallisten aineiden kuljetusten seuranta- ja valvontajärjestelmät* tekoäly reitityksen apuna* kuljetuskaluston tehostettu hallinta

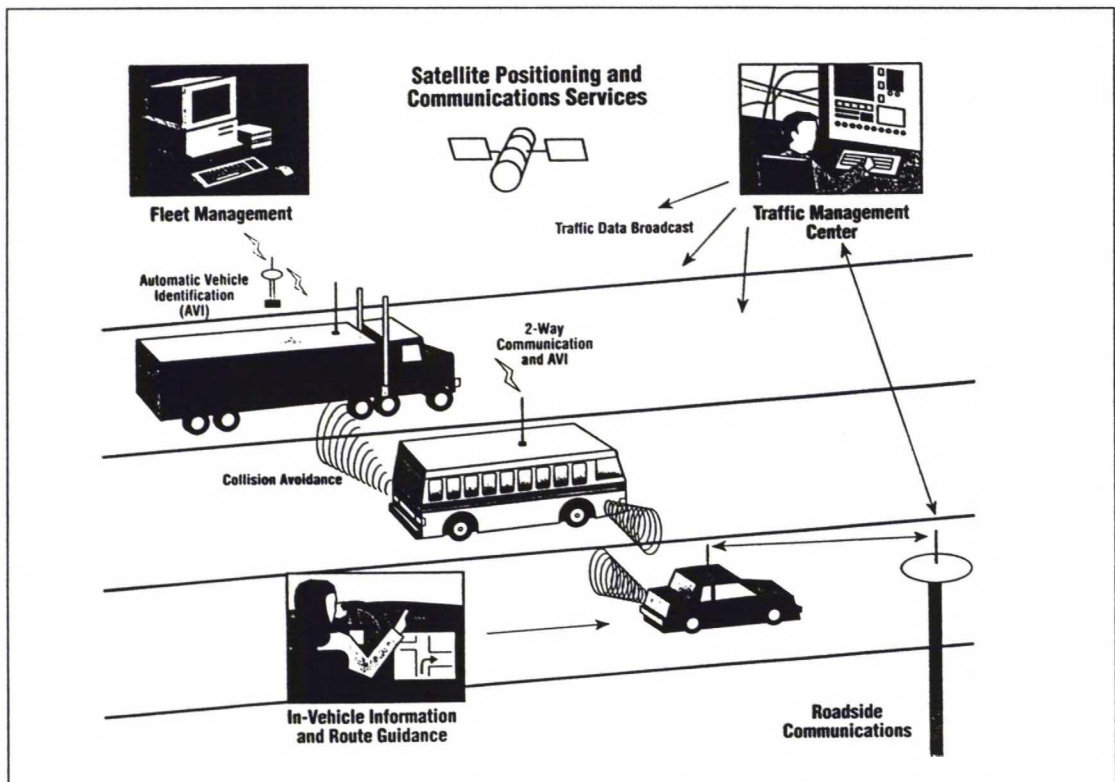
2.2 IVHS (ITS)

IVHS:n (*Intelligent Vehicle/Highway Systems*) ja tulevaisuudessa ITS:n (*Intelligent Transportation Systems*) älykkäiden liikennejärjestelmien tavoitteena on luoda uusi toimintaympäristö USA:n liikenteelle 2000-luvulla. Ohjelma kehittää, arvioi ja käyttää hyväksi uutta tekniikkaa. Ohjelmaa perustellaan kaupunkialueiden ruuhkaongelmilla, liikenneturvallisuudella, tuottavuuden huononemisella tavarakuljetusten viivästyessä, energiankulutuksella ja ympäristönäkökohdilla. Myös joukkoliikenteen suosion odotetaan kasvavan, jos se on luotettavampaa. (Federal Highway Administration 1991.)

IVHS-tekniikoiden ansiosta arvioidaan säästettävän vuoteen 2010 mennessä 11 000 ihmishenkeä ja miljardeja litroja polttoainetta. Ruuhkien aiheuttamien viipeiden odotetaan vähenevän 25 - 40 %. Täysin automatisoiduilla moottoreilla ruuhkien uskotaan häviävän lähes kokonaan. (Federal Highway Administration 1991.)

Päävastuu ohjelmasta on Yhdysvaltojen liikenneministeriöllä (U.S. Department of Transportation). IVHS-ohjelman julkinen rahoitus on noussut vuosi vuodelta ja vuoden 1995 budjetti on 227,5 miljoonaa USD (Inside IVHS, October 10, 1994). Liikenteen telematiikan tutkiminen ja kehittäminen saa tällä hetkellä siten merkittävästi enemmän julkista rahoitusta Yhdysvalloissa kuin Euroopassa.

IVHS-ohjelman elementit on esitetty kuvassa 6 (U.S. Department of Transportation 1992).



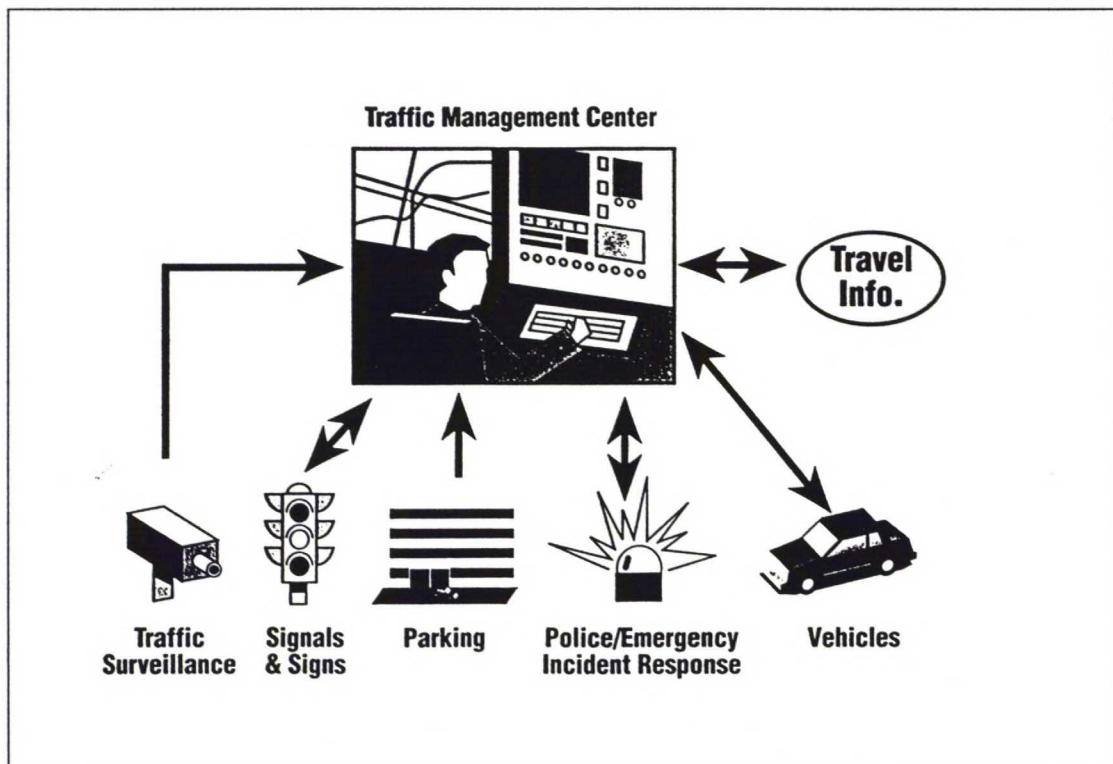
Kuva 6. IVHS-ohjelman elementit (U.S. Department of Transportation 1992).

IVHS-ohjelma sisältää kuusi osa-aluetta, joista kolme ensimmäistä keskittyy tekniikan kehittämiseen, kolme jälkimmäistä sovelluksiin (Transportation Research Board 1993):

1. Liikenteen hallintajärjestelmät (Advanced Traffic Management Systems, ATMS)

Liikenteen hallintajärjestelmät (kuva 7) ovat tekniikoita liikenteen seurantaan, ohjaukseen ja tiedottamiseen. Tienkäyttäjälle tarjotaan jatkuvaa, maantieteellisesti kattavaa tietoa liikenteestä ja vaihtoehtoisista reiteistä. Hallintajärjestelmien odotetaan lyhentävän matka-aikaa sekä vähentävän viivytyksiä ja onnettomuuksia. Liikenteen hallinnan keskeisiä elementtejä ovat

- suurkaupunkialueiden liikenteenohjauskeskukset, jotka ohjaavat liikennevaloja sekä ramppi-, kaista- ja reittiopastusjärjestelmiä sekä keräävät ja välittävät liikennetietoa
- muuttuvat opasteet, joilla välitetään liikennetietoa ja reittisuosituksia
- hälytysajoneuvojen etuuksia ja turvallista liikkumista edistävät järjestelmät
- liikennevalojen kehittyneet ohjausjärjestelmät sekä
- automaattinen palvelu- ja hätäajoneuvojen reititys onnettomuuspaikoille.



Kuva 7. IVHS - liikenteen hallintajärjestelmä (U.S. Department of Transportation 1992).

2. Matkatietojärjestelmät (Advanced Traveler Information Systems, ATIS)

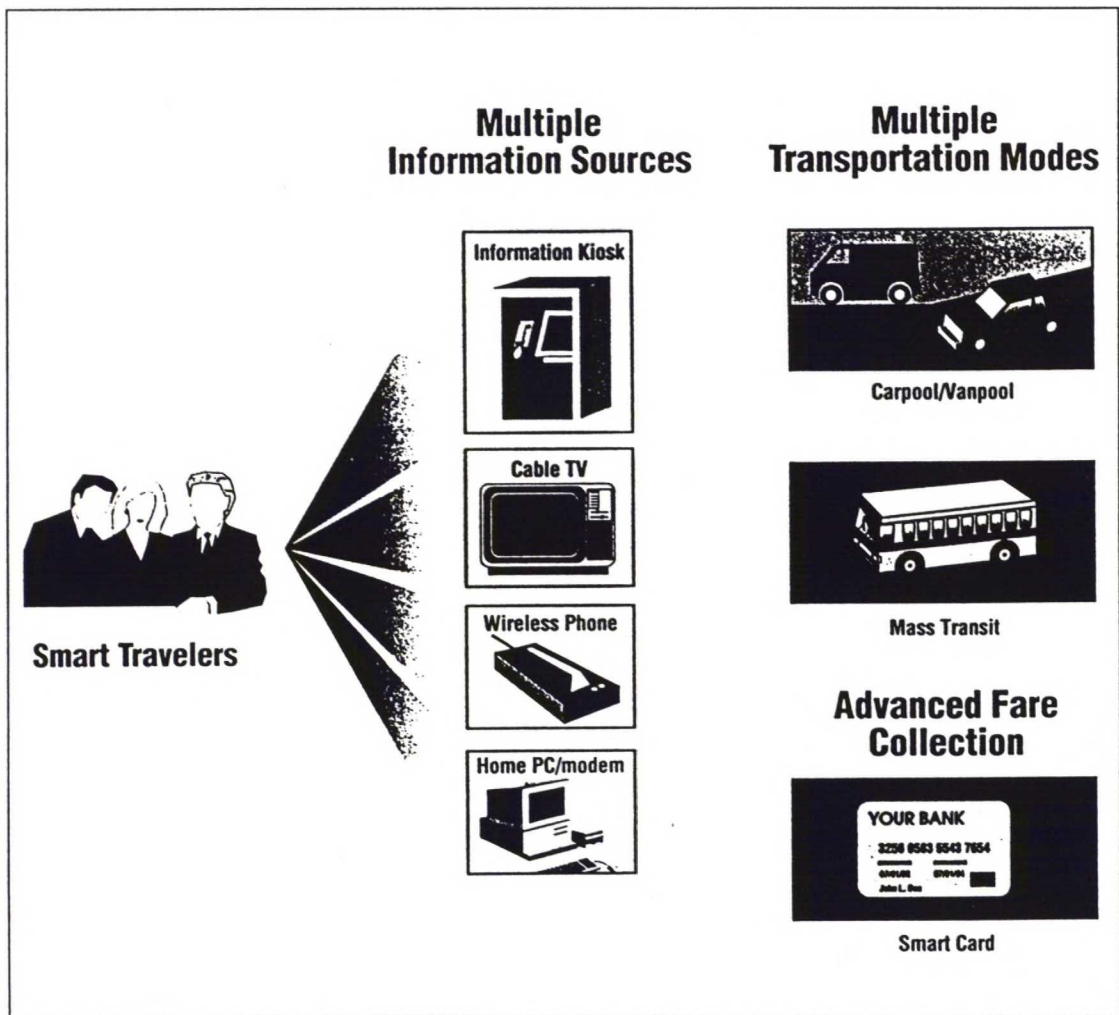
Matkatietojärjestelmien kehittämisen tavoitteena on tiedon hankinta, muokkaaminen ja esittäminen liikkujalle lähtöpaikasta määränpäähän tavalla, joka parhaiten vastaa turvallisuuden, kuljetusten tehokkuuden ja matkustajan mukavuuden tarpeita. Sovellusten on tarkoitus hyödyttää sekä yksityisiä liikkujia ja tavaraliikennettä että joukkoliikenteen käyttäjiä (kuva 8).

Ajoneuvoon voidaan asentaa esimerkiksi

- kartta- ja tienviittanäyttö
- navigointi- ja reittiopastusjärjestelmä
- ajoneuvopääte, joka tulkitsee digitaalista liikennetietoa tai
- vaarallisista olosuhteista varoittava järjestelmä.

Ajoneuvon ulkopuolisiin tietojärjestelmiin kuuluvat esimerkiksi

- matkansuunnittelupalvelut ja
- joukkoliikenteen reitti- ja aikataulutiedot kotiin tai toimistoon esimerkiksi tietokoneella julkisten tietoverkkojen välityksellä.

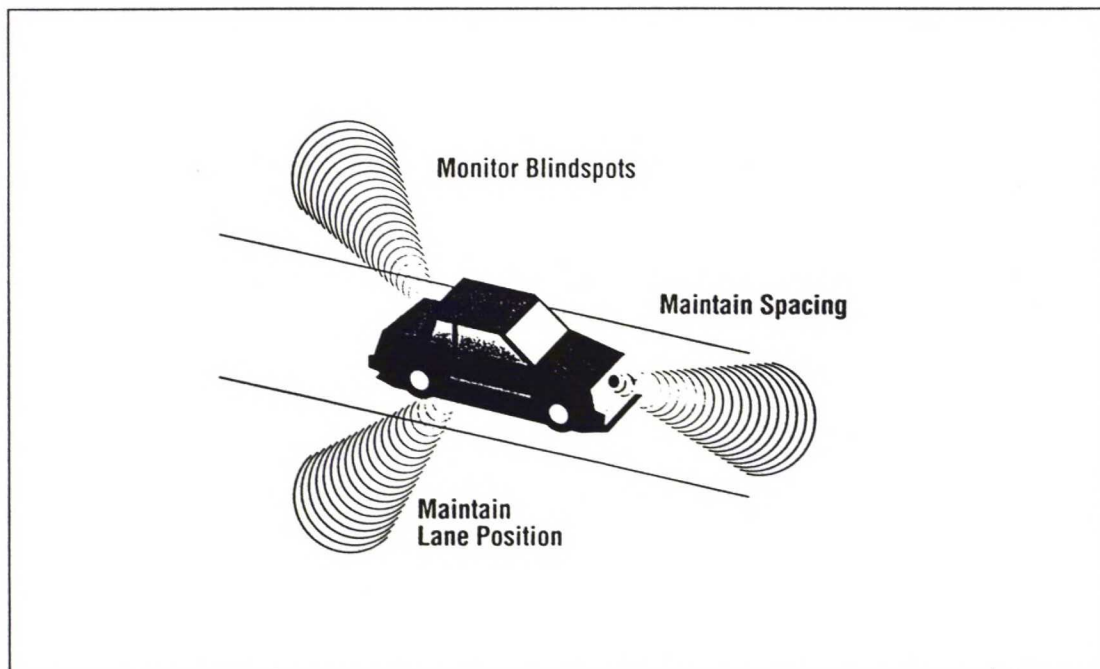


Kuva 8. Smart Travelers (U.S. Department of Transportation 1992).

3. Ajoneuvon hallintajärjestelmät (Advanced Vehicle Control Systems, AVCS)

Ajoneuvoon ja tiehen asennetuilla laitteilla helpotetaan ajajan suoritusta, ja lopullisena tavoitteena on osittain automatisoitu ajaminen. Ajoneuvon hallintajärjestelmiä (kuva 9) ovat esimerkiksi

- automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö (järjestelmä, joka jarruttaa automaattisesti, jos ajoneuvo ajaa liian lähellä edellistä ajoneuvoa)
- pimeässä ja huonolla säällä näkyvyyttä parantavat järjestelmät
- kaistalta suistumisesta varoittavat järjestelmät
- törmäyksenestojärjestelmä (automaattinen jarruttaminen järjestelmän havaittua esteen) sekä
- "automaattiset tiet" (ajoneuvoja ohjataan automaattisesti erityisillä kaistoilla tien kapasiteetin ja turvallisuuden lisäämiseksi).

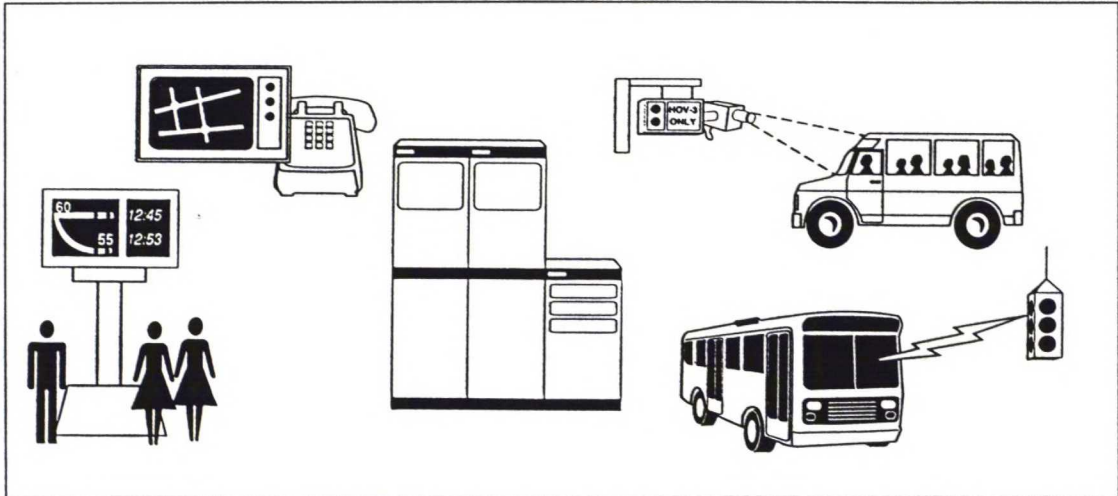


Kuva 9. Esimerkkejä ajoneuvon hallintajärjestelmistä (U.S. Department of Transportation 1992).

4. Joukkoliikenteen järjestelmät (Advanced Public Transportation Systems, APTS)

Joukkoliikenteen järjestelmien tavoitteena on lisätä joukkoliikenteen tehokkuutta, saatavuutta, houkuttelevuutta ja taloudellisuutta. Järjestelmillä voidaan parantaa joukkoliikenteen toimivuutta sekä yksikkötasolla (ajoneuvo ja kuljettaja) että järjestelmätasolla (palvelujen koordinointi ja informaatio käyttäjille). Keskeisiä toimintoja ovat

- kaluston seuranta ja ajantasainen ohjaus
- ajoneuvoon välitetty tieto sekä kuljettajalle että matkustajille
- ajantasainen (aikataulu-, odotusaika-) pysäkki-informaatio joukkoliikenteen käyttäjille (kuva 10)
- kehittyneet maksujen perintäjärjestelmät (esimerkiksi älykortteilla) ja
- ajoneuvon yhteiskäytön ja ryhmäajon tiedotusjärjestelmät.



Kuva 10. Joukkoliikenteen informaatiojärjestelmä (Federal Highway Administration 1991).

5. Tavaraliikenteen järjestelmät (Commercial Vehicle Operations, CVO)

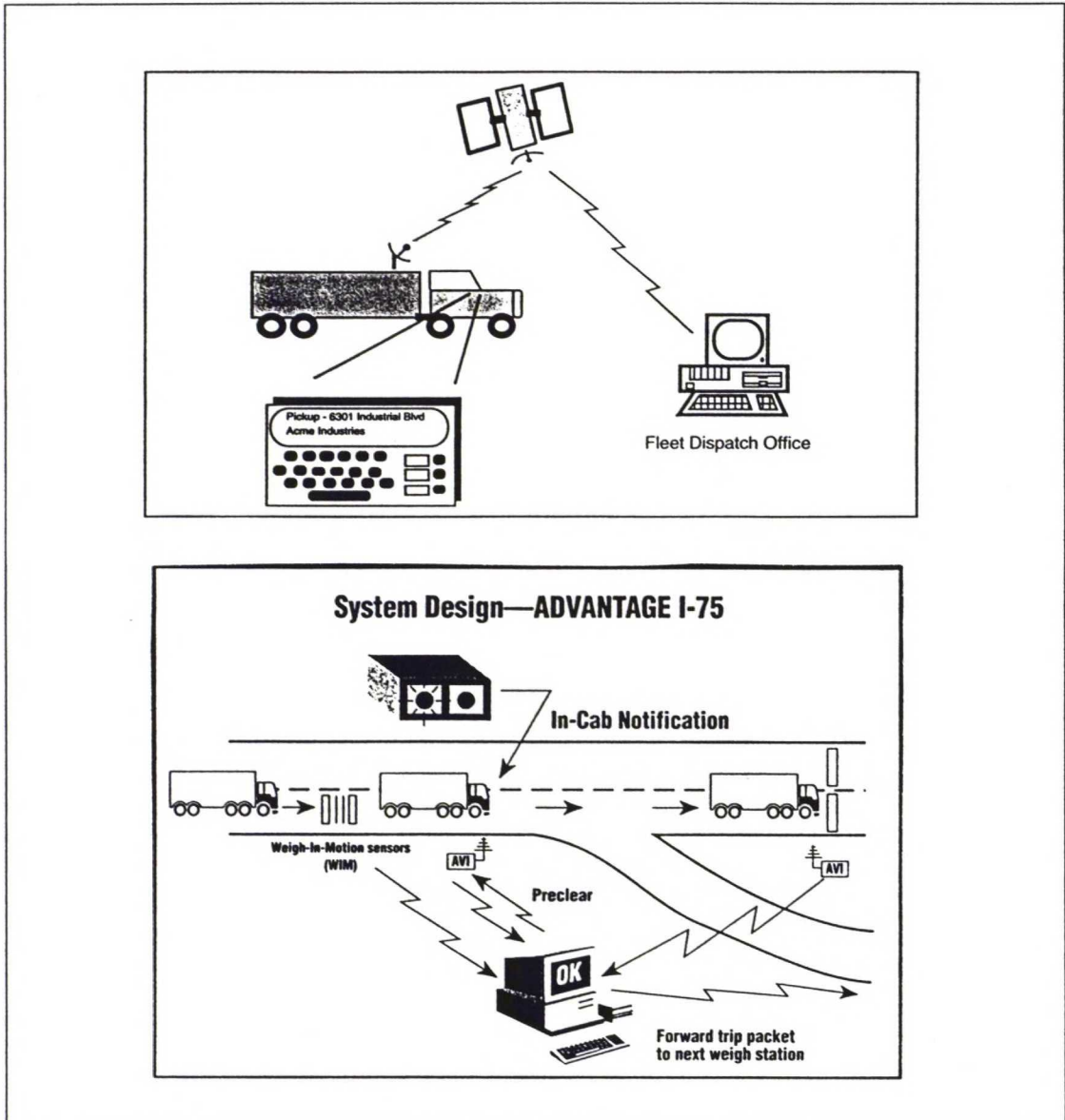
Tavaraliikenteen järjestelmillä (kuva 11) pyritään parantamaan tavaraliikenteen kannattavuutta sekä edistämään kuljettajien ja ajoneuvojen turvallisuutta. Monet tekniikat automatisoivat rutiinitehtäviä, jotka ovat vaatineet pysähtymistä ja odottelua (tullit, luvat, punnitus). Tämä säästää aikaa, vähentää päästöjä ja lisää tilastoinnin ja maksujen perinnän luotettavuutta. Tavaraliikenteen järjestelmiin kuuluvat

- automaattinen ajoneuvon paikannus, tunnistus, punnitus ja luokittelu
- ajoneuvojen reititys ja aikataulutus
- kuljetustapahtumaan liittyvien asiakirjojen siirtäminen sähköiseen muotoon, mikä nopeuttaa mm. rajatarkastuksia
- kaksisuuntainen tiedonsiirto ajoneuvon kuljettajan ja ohjauskeskuksen välillä
- ajoneuvon tilan ja kuljettajan ajokunnon seuranta sekä
- vaarallisten aineiden kuljetusten seuranta.

6. Haja-asutusalueiden liikenteen järjestelmät (Advanced Rural Transportation Systems ARTS)

Taajamien ulkopuolella asutus on yleensä harvaa, ruuhkat vähäisiä ja ongelmia saattavat aiheuttaa esimerkiksi puuttuvat katuosoitteet. Telematiikkasovellukset poikkeavat siten taajamissa käytetyistä. Haja-asutusalueilla liikenteen telematiikan päätavoite on liikenneturvallisuuden parantaminen. Keskeisiä kehitettäviä toimintoja ovat

- reittiopastus
- automaattinen ajoneuvon paikannus
- automaattinen hätäviestien lähettäminen ja
- häiriöiden havaitseminen sekä kuljettajan varoittaminen esimerkiksi kaistalta suistumisesta tai tiellä havaituista esteistä.



Kuva 11. Tavaraliikenteen hallintajärjestelmiä (U.S. Department of Transportation 1992).

2.3 Japanin tutkimusohjelmat

Japanissa on kehitetty 1960-luvulta alkaen liikenteen ja ajoneuvon hallintaa helpottavia järjestelmiä. Liikenteen seuranta- ja ohjausjärjestelmiä asennettiin suurimpiin kaupunkeihin jo 1970-luvulla. Kehittynyt liikenteen valo-ohjaus ja erilaiset kuljettajaninformaatiojärjestelmät ovat tällä hetkellä yleisessä käytössä. Tieto tarjotaan esimerkiksi muuttuvilla opasteilla tai tienvarren lähettimillä sisälle ajoneuvoon. Itsenäisiä navigointijärjestelmiä on ollut käytössä 1980-luvun alkupuolelta lähtien, ja nyt myös ajantasaisten reittiopastusjärjestelmien käyttö on yleistymässä. (Tsugawa et al 1992.)

Ajoneuvonhallinnan tutkimisella on Japanissa pitkät perinteet. Kuljettajan tukijärjestelmät varoittavat törmäyksistä ja avustavat kaistalla pysymisessä. Kehitteillä on myös induktiivisiin kaapeleihin tai konenäköön perustuva automaattinen ajaminen. (Tsugawa et al 1992.)

Ajoneuvojen välistä kaksisuuntaista tiedonsiirtoa voidaan käyttää kuljettajien informointiin ja ajoneuvojen ohjaukseen. Erilaisia tekniikoita on kokeiltu muutaman ajoneuvon kokeissa 1980-luvun puolivälistä alkaen, mutta ajoneuvojen välisen tiedonsiirron todellinen käyttö liikenteen hallinnassa on vielä kaukana tulevaisuudessa. (Tsugawa et al 1992.)

Myös japanilaisille tutkimusohjelmille on tyypillistä teollisuuden ja viranomaisten yhteistyö. Japanilaisia tutkimusohjelmia ovat Comprehensive Automobile Control Systems (CACS), Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems (AMTICS), Road/Automobile Communication System (RACS), Vehicle Information Communication System (VICS), Advanced Road Traffic System (ARTS), Urban Traffic Control System (UTCS), Super Smart Vehicle System (SSVS), Personal Vehicle System (PVS) ja Advanced Traffic Information Service (ATIS). (Transportation Research Board 1993.)

Comprehensive Automobile Control Systems (CACS)

Japanin kansainvälisen kaupan ja teollisuuden ministeriö (Ministry of International Trade and Industry, MITI) toteutti vuosina 1973 - 1979 52 miljoonan USD:n CACS-tutkimusohjelman, jonka tavoitteena oli vähentää ruuhkautumista, onnettomuuksia ja ilman saastumista.

CACS koostui viidestä eri järjestelmästä, joista keskeisin oli ajantasainen reittiopastus. Tienvarren lähettimet välittivät reittitietoa ajoneuvopäätteillä varustettuihin ajoneuvoihin. Liikenteen ohjauskeskus päivitti tiedon 15 minuutin välein. Tokiossa tehtiin vuonna 1977 järjestelmän seurantatutkimus, joka oli maailman ensimmäinen laaja tämän alan kenttäkoe. Tutkimukseen osallistui 1 330 ajoneuvoa, tienvarren lähettimiä oli käytössä 103. Seurantatutkimuksessa todettiin matka-ajan vähentyneen keskimäärin 13 %, minkä laskettiin kattavan sekä hankkeen investointi- että käyttökustannukset. Lisäksi toteutetussa simulointitutkimuksessa saatiin tulokseksi 3 - 7 %:n polttoaineen kulutuksen väheneminen. (Tsugawa et al 1992.)

Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems (AMTICS)

Japanin poliisi toteutti 1980-luvun puolessa välissä AMTICS -liikenteen ohjausjärjestelmän, joka välittää ruuhkatietoa liikenteen ohjauskeskuksesta ajoneuvoihin matkapuhelinverkkoa käyttäen. Ajoneuvon navigointijärjestelmä ja muuttuva reittiopastus ovat AMTICSin keskeisimmät toiminnot. Paikannukseen käytetään karttasovitustekniikkaa ja majakoita. Ajoneuvossa on CD-ROM -tietokanta, joka sisältää kartan ja paikalliset liikennettä koskevat säännökset. AMTICS yhdistettiin vuonna 1991 RACSiin VICS-ohjelmaksi.

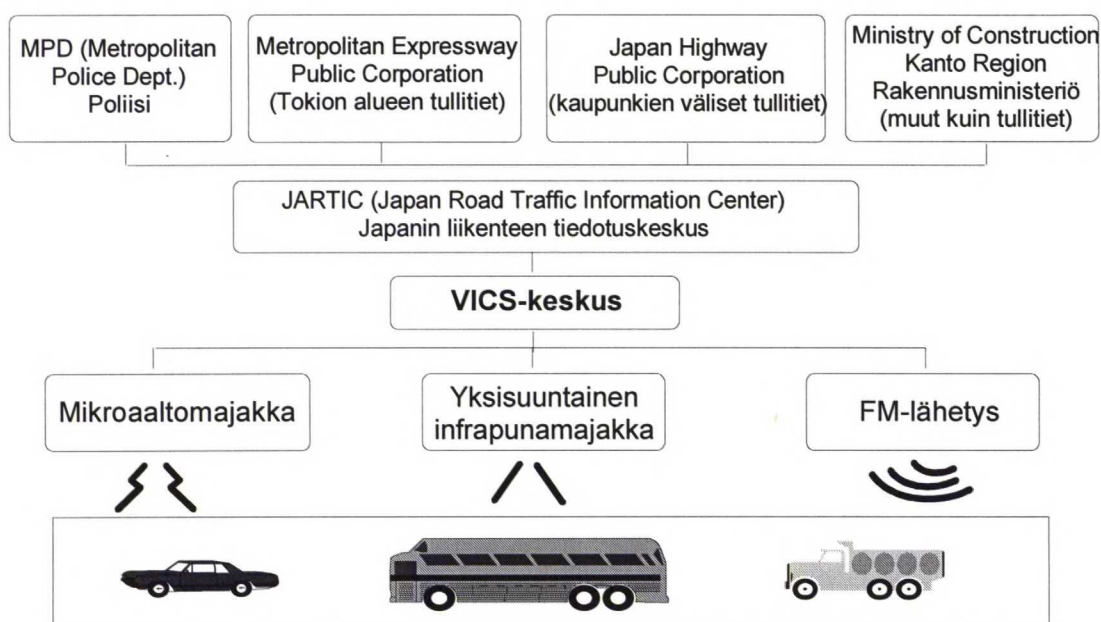
Road-Automobile Communication System (RACS)

RACS on liikenteen hallintajärjestelmä, jonka osat ovat tienvarren majakat, ajoneuvopäätteet ja järjestelmää ohjaava keskus. Alun perin RACS keräsi ja välitti tietoa ajoneuvojen ja

tienvarren majakoiden välillä, mutta nyt on rajoitettu välittämään yksisuuntaista tietoa ajoneuvoille. RACSin ajoneuvopäätte käyttää navigoinnissa vektoripaikannusta (dead-reckoning). Ohjelmaa johti alun perin rakennusministeriö, mutta nyt se on yhdistetty AMTICSiin VICS-ohjelmaksi Posti- ja tietoliikenneministeriön alaisuuteen.

Vehicle Information Communication System (VICS)

VICS tarjoaa ajantasaista liikennetietoa ja yhdistää tiedon reittiopastukseen (kuva 12). VICSin tavoitteena on luoda eri tekniikoihin perustuvilla järjestelmillä yhteinen arkkitehtuuri, jotta niitä voidaan käyttää rinnakkain.



Kuva 12. Vehicle Information Communication System VICS (ERTICO Newsletter 11/1993).

Advanced Road Traffic System (ARTS)

ARTS- ohjelma kehittää tiedonsiirtoa ajoneuvosta tienvarteen. Ohjelma pyrkii helpottamaan huonon näkyvyyden aiheuttamia ongelmia. Ohjelmaa toteuttaa Rakennusministeriö. ARTS perustuu RACSissa kehitettyyn tekniikkaan ja sen osa-alueita ovat

- automaattinen tietullien perintä (automatic toll collection)
- tienpinnan seuranta (road surface detection systems)
- tien linjauksesta (road alignment) informoivat järjestelmät
- esteiden havaitseminen (surrounding objects detection systems), jolla pyritään vähentämään huonosta näkyvyydestä johtuvia yksittäisonnettomuuksia
- ajoneuvovälin säätö (vehicle headway control systems), joka perustuu ajoneuvojen väliseen tiedonvaihtoon tienvarteen upotettua kaapelia pitkin ja osittain automatisoituun ajoneuvon toimintojen hallintaan

- liikenteen opastus- ja ohjausjärjestelmä (traffic flow guide/control system), joka sisältää lähinnä reittiopastusta.

Urban Traffic Control System (UTCS)

UTCS:n on kehittänyt Japanin poliisi tehostaakseen liikenteen ohjausjärjestelmien toimintaa. Järjestelmä asennetaan ensin useille suurkaupunkialueille ja myöhemmin koko maahan. Ohjelma jakautuu neljään osa-alueeseen:

- Integrated Traffic Control System (ITCS): liikennevalojen ohjaus, kuljettajaninformaatio ja automaattinen tietullien perintä
- Advanced Mobile Information System (AMIS): kaksisuuntainen tiedonvaihto ajoneuvon ja tienvarren laitteiden välillä, reittiopastus
- Mobile Operation Control System (MOCS): kaluston seuranta ja reititys
- Public Transportation Priority System (PTPS): joukkoliikenteen etuudet liikennevaloissa, tietoa matkustajille sisällä joukkoliikennevälineessä.

Super Smart Vehicle System (SSVS)

Japanin kansainvälisen kaupan ja teollisuuden ministeriön (MITI) Super Smart Vehicle System -ohjelma tutkii 20 - 30 vuoden kuluttua käyttöön tulevaa liikenteen telematiikkaa. Keskeinen tutkimuskohde on ajoneuvonhallinta, sillä vain toimintojen automatisoinnilla uskotaan olevan merkittävää vaikutusta liikenneturvallisuus- ja ruuhkaongelmiin. Pehmeiden keinojen kuten tiedottamisen mahdollisuuksia pidetään rajallisina, sillä esimerkiksi muuttuvan reittiopastuksen teho laskee, kun suuri osa ajoneuvoista saa samaa tietoa. (Tsugawa et al 1992.)

Super Smart Vehicle System -ohjelmassa kehitetään konenäköä, ajoneuvojen välistä tiedonvaihtoa, onnettomuuksien havaitsemista ja estämistä sekä suoria ajoneuvon toimintaan kohdistuvia keinoja. SSVS-järjestelmiin kuuluvat:

- Ajoneuvojen yhteistyö (Cooperative Driving): Ajoneuvot kommunikoivat joko suoraan, tien alla kulkevien induktiivisten kaapelien tai tienvarteen sijoitettujen koaksiaalikaapeleiden avulla. Tämä lisää tien kapasiteettia ja helpottaa kaistanvaihtoa, mikä toivotaan parantavan liikenneturvallisuutta.
- Ajoneuvojen yhteenkytkentä (Control Configured Vehicle System): Autot liitetään yhteen joko mekaanisesti tai ajoneuvojen väliseen (digitaaliseen) kommunikaatioon perustuen. Järjestelmä lisää tien kapasiteettia ja sen uskotaan siten vähentävän ruuhkia.
- Aktiivinen kuljettajan avustaminen (Active Driver Assistance): Konenäköön perustuva järjestelmä varoittaa esteistä, toisista ajoneuvoista ja jalankulkijoista. Täysin

automaattinen ajaminen lyhyellä matkalla on mahdollista, esim. kuljettajan saadessa sairaskohtauksen.

- Älyristeys (Intelligent Intersection): Järjestelmä varoittaa kuljettajaa, jos tämä ei ota huomioon liikennevaloja, osoittaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden sijainnin kuljettajalle sekä mittaa risteystä lähestyvien ajoneuvojen suunnan ja nopeuden ja varoittaa niistä erityisellä merkkivalolla.

Personal Vehicle System (PVS)

PVS:n toteutti Nissan vuosina 1988 - 1990 ja projektia valvoi Japanin kansainvälisen kaupan ja teollisuuden ministeriö (MITI). Kokeessa pakettiauto ajoi automaattisesti ilman kuljettajaa. Ajaminen perustui viiteen TV-kameraan, jotka seurasivat kaistan reunaviivoja ja esteitä. Esteiden havaitsemiseen käytettiin lisäksi laseria. Ajoneuvo oli varustettu vektorisuunnistukseen perustuvalla itsenäisellä paikannusjärjestelmällä. Vuonna 1989 testiajoneuvolla saavutettiin 60 km/h nopeus suoralla radalla ja 10 km/h nopeus mutkittalevalla kaistalla. Sateisella säällä ja yöaikaan näköjärjestelmässä oli kuitenkin vakavia häiriöitä. (Tsugawa et al 1992.)

Advanced Traffic Information Service (ATIS)

ATIS-ohjelman suunniteltiin alkavan heinäkuussa 1993. Järjestelmä kattaa Tokion alueen ja tarjoaa sekä ajantasaista liikennetietoa (ruuhkat, onnettomuudet) että tilastoja (esim. toteutuneet liikennemäärät ja ennusteet). palvelun tilaajat voivat käyttää ATISia kotona, työpaikalla, ajoneuvossa ja julkisissa tiloissa kuten asemilla ja ravintoloissa. Tieto välitetään puhelinverkkoa, koaksiaalikaapelia ja autopuhelinverkkoa hyväksi käyttäen. Samanlaista projektia suunnitellaan myös Osakassa.

Universal Traffic Management Systems (UTMS)

Vuonna 1993 perustettiin Universal Traffic Management Society of Japan (UTMS Japan) koordinoimaan japanilaisia liikenteen telematiikan kehittämishankkeita. Järjestön jäsenenä on merkittävä määrä japanilaisia yrityksiä ja lisäksi neuvonantajina (advisers) on yliopistojen professoreja sekä poliisin ja rakennusministeriön viranomaisia. Vuoden 1994 tammikuussa toimintansa aloitti VERTIS (Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society), joka keskittyy Japanin kansainvälisten telematiikkasuhteiden hoitamiseen. (UTMS News November 8, 1993, UTMS News July 1, 1994.)

UTMS Japan tukee Universal Traffic Management Systems -ohjelmaa, jonka tutkimusalueita ovat Integrated Traffic Control Systems (ITCS), Advanced Mobile Information Systems (AMIS), Mobile Operation Control Systems (MOCS), Dynamic Route Guidance Systems (DRGS), Public Transportation Priority Systems (PTPS), Environment Protection Management Systems (EPMS) ja International Standards (ISTD).

3 TIELIIKENTEEN TELEMATIIKAN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI JA ARVIOINTIMENETELMÄT

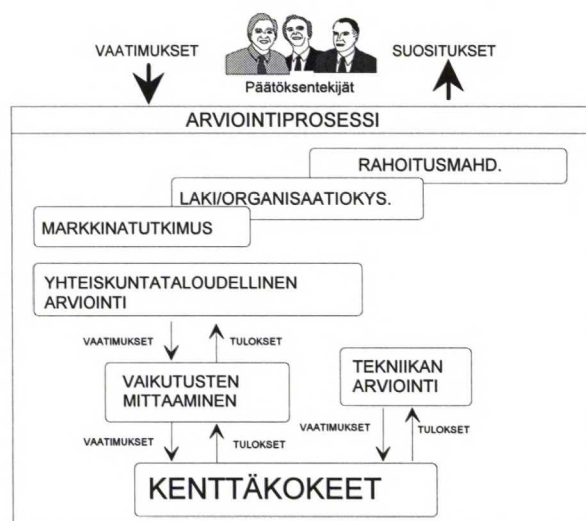
3.1 Arvioinnin osa-alueet

Englannin kielessä käytetään vaikutusten arvioinnista termejä *assessment* ja *evaluation*. *Assessment* on prosessi, joka määrittää arvioitavan järjestelmän toiminnan ja/tai vaikutukset verrattuna muihin järjestelmiin tai lähtötilanteeseen. Esimerkiksi *technical assessment* on tekniikan toimivuuden arviointia ja *impact assessment* järjestelmän määrällisten vaikutusten selvittämistä. *Evaluation* on prosessi, jossa määritetään järjestelmän arvo (value) verrattuna muihin järjestelmiin tai lähtötilanteeseen. Vaatimusten identifiointin ja tulosten analysoinnin jälkeen saadaan suosituksia päätöksentekijöille. Kokonaisuutena *assessment*-prosessi sisältää myös esimerkiksi kenttäkokeen ja siihen liittyvän *evaluoinnin*, esimerkiksi yhteiskuntataloudellisen arvioinnin. (Zhang ja Kompfner 1993.)

DRIVE II -pilottiprojektien arvioinnin osa-alueita ovat Zhangin ja Kompfnerin (1993, kuva 13) mukaan

- järjestelmän tekniikan arviointi
- vaikutusten määrällinen arviointi (turvallisuus, ympäristö, liikenteen tehokkuus)
- yhteiskuntataloudellinen arviointi (hyödyt ja kustannukset)
- lakeihin, asetuksiin ja organisaatioihin liittyvät kysymykset
- järjestelmien hyväksyntä (käyttäjät ja poliitikot) ja
- markkinatutkimukset (kysyntä ja tarjonta).

Arvioinnin eri osat tukevat toisiaan: esimerkiksi yhteiskuntataloudelliseen arviointiin tarvitaan tietoa eri vaikutusten määristä ja järjestelmien hyväksyntä on tärkeää tietoa markkinatutkimukselle.

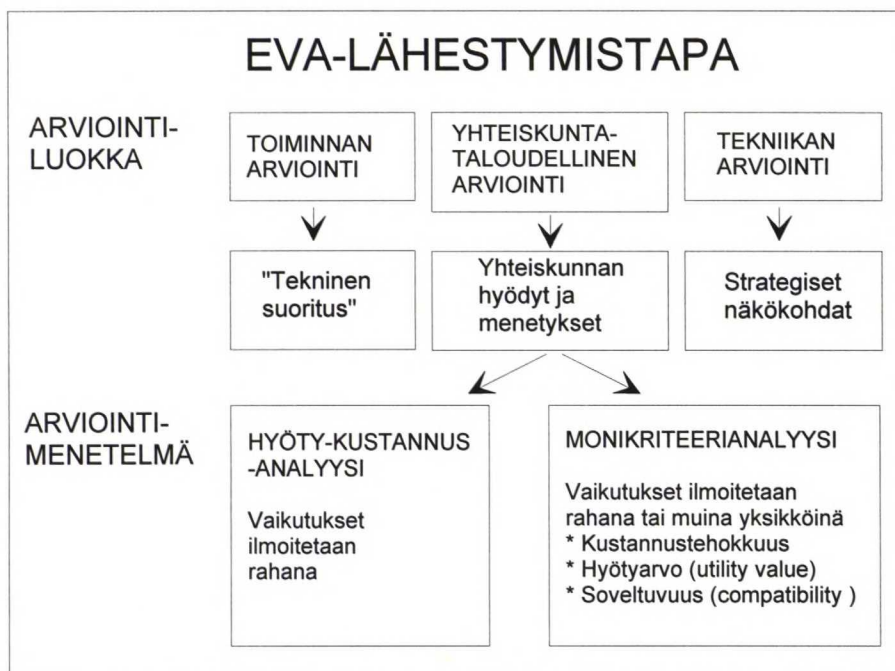


Kuva 13. Arvioinnin osa-alueet (Zhang ja Kompfner 1993).

3.2 Yhteiskuntataloudellinen arviointi

Yhteiskuntataloudellisessa arvioinnissa järjestelmää verrataan muihin järjestelmiin ja yleensä myös lähtötilanteeseen.

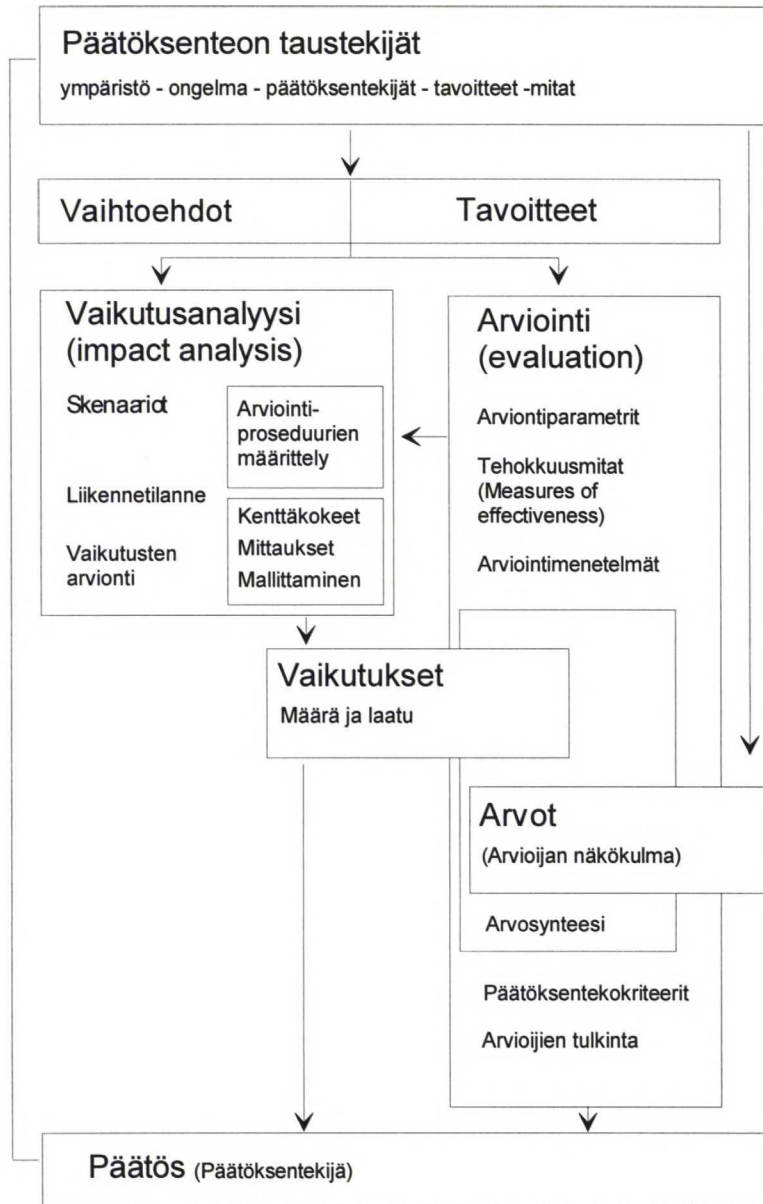
DRIVE I -projekti EVA (Evaluation Process for Road Transport Informatics) esitti kaksi tieliikenteen telematiikan yhteiskuntataloudellista arviointimetodia: hyöty-kustannusanalyysin (cost-benefit analysis) ja monikriteerianalyysiin (multicriteria-analysis) (kuva 14, Bobinger 1993). Hyöty-kustannusanalyysissä kaikki vaikutukset pyritään muuttamaan rahaksi. Etuna on eri hankkeiden tai toimintavaihtoehtojen helppo vertailtavuus. Monikriteerianalyysissä vaikutukset kirjataan minä tahansa yksikköinä. Hankkeiden vertailu hankaloituu, kun ei anneta vain yhtä tunnuslukua. Toisaalta monikriteerianalyysi antaa enemmän taustatietoa päätöksentekoon, koska se ei kätke osatekijöitä yhden luvun taakse.



Kuva 14. EVA-lähestymistapa (Bobinger 1993).

Yhteiskuntataloudellisen arvioinnin vaiheet ovat Kellerin (1993, kuva 15) mukaan

1. ongelmien analysointi, tavoitteiden asettelu, vaihtoehtojen järjestelmien suunnittelu
2. eri vaihtoehtojen vaikutustietojen (impacts) tuottaminen, määrällinen arviointi
3. vaikutusten arvojen laskeminen (evaluation)
4. tulosten tulkinta, päätelmät.



Kuva 15 . Arviointi päätöksentekoprosessissa (Keller 1993).

Lisäksi Maltby (1993) kehottaa miettimään arvioinnin alkuvaiheessa

- onko suunniteltu järjestelmä liikennepoliittisten tavoitteiden mukainen ja sopiiko se havaittujen ongelmien ratkaisemiseen
- mitkä ovat järjestelmän mahdolliset hyödyt ja haitat käyttäjän, yhteiskunnan ja markkinoiden kannalta ja
- mitä epävarmuustekijöitä järjestelmään ja sen käyttöönottoon liittyy.

Kellerin kuvaamat arviointiprosessin vaiheet ovat löydettävissä myös Zhangin ja Kompfnerin (1993) muistilistasta (kuva 16).

YHTEISKUNTATALOUDELLISEN ARVIOINNIN VAIHEET

TAVOITTEIDEN MÄÄRITTELY

- tutkimuksen tarkoitus
- informaatiojärjestelmien toivotut vaikutukset

JÄRJESTELMÄN KUVAUS

- tekniikat, toiminnot

ARVIOINTIMENETELMÄN VALINTA

- kustannus-hyötyanalyysi
- kustannustehokkuusanalyysi
- muut

VAIKUTUSTEN IDENTIFIOIMINEN

- odotetut vaikutukset
- tutkimuksessa mitattavat vaikutukset

KOETAVAN VALINTA

- kenttäkoe
- muut (mallittaminen, simulointi, laboratoriotutk.)

INDIKAATTORIEN VALINTA

- mitä mitataan
- tiedonkeräystavat

KOKEEN SUORITTAMINEN

- mittaukset ja tiedon tuottaminen

VAIKUTUSTEN ARVOTTAMINEN JA PAINOTTAMINEN

- muuntokertoimet (esim. ajan arvo)
- painokertoimet

ANALYSOINTI JA TULOKSET

- järjestelmän vaikutukset, kustannukset ja hyödyt

Kuva 16. Kenttäkokeen yhteiskuntataloudellisen arvioinnin vaiheet (Zhang ja Kompfner 1993).

3.3 Liikenteen telematiikan vaikutusten arviointimenetelmät

Liikenteen telematiikkahankkeita arvioidaan

- keräämällä asiantuntija-arvioita
- mallittamalla ja simuloimalla
- kenttäkokeilla sekä
- tutkimalla toteutettujen järjestelmien vaikutuksia.

Arviointimenetelmän valinta riippuu järjestelmän kypsyysasteesta.

Asiantuntija-arvioita voidaan kerätä esimerkiksi **Delfoi-tekniikalla**. Delfoi-tekniikka on muodollinen ryhmän päätöksentekoon kehitetty menetelmä, jolla pyritään selvittämään

luotettavasti asiantuntijajoukon yhteinen mielipide. Delfoi-tutkimus koostuu useista kyselykierroksista, joiden välillä annetaan palautetta muiden vastaajien mielipiteistä. Kyselyt kohdistetaan valitulle joukolle ja asiantuntijoiden tulee vastata itsenäisesti toisistaan riippumatta. (Swedish National Road Administration 1987, Draskóczy 1993a). Delfoi-tekniikka soveltuu idea-asteella olevien järjestelmien arviointiin.

Mallittamisella ja simuloinnilla jäljitellään todellisia tapahtumia. Simulointi on ilmiön jäljitelyä tietokoneella, eikä sillä pyritä matemaattiseen ratkaisuun, vaan analyysi tapahtuu seuraamalla mallin toimintaa ja tilastoimalla tulokset (Pursula 1982). Forward (1993) jakaa simulointimallit kolmeen tasoon: makroskooppisiin, mesoskooppisiin ja mikroskooppisiin malleihin. Esimerkiksi reittiopastusta tutkittaessa makroskooppista mallia käytettäisiin arvioitaessa ajosuoritetta tai kokonaismatka-aikaa koko verkolla. Mikroskooppisella mallilla tutkittaisiin opastuksen vaikutusta yksittäisen kuljettajan matka-aikaan. Mesoskooppista mallia käytettäessä tutkittavat voitaisiin jakaa eri ryhmiin lähtöpaikan ja määränpään perusteella. Mesoskooppinen malli sisältää siis sekä mikro- että makromallien piirteitä.

Malli on yksinkertaistus todellisuudesta ja se sisältää oletuksia ja yleistyksiä. Mallittamalla voidaan kuitenkin tutkia järjestelmien pitkäaikaisia vaikutuksia, erilaisia olosuhteita ja liikennetilanteita sekä järjestelmien vaikutuksia erilaisilla markkinaosuuksilla, mitä todellisuudessa ei voida tehdä. Mallitettavasta järjestelmästä on olemassa jo yksityiskohtaiset suunnitelmat.

Kenttäkoe on liikenteen telematiikkahankkeiden arvioinnin perustyökalu. Kenttäkoe on todelliseen ympäristöön tai laboratorioon rakennettu järjestelmän kokeilu, joka tulisi toteuttaa nimenomaan arviointityötä ajatellen. Kenttäkokeen avulla selvitetään järjestelmän toimivuutta ja vaikutuksia tietyissä, mahdollisimman hyvin todellisuutta vastaavissa olosuhteissa. Tulosten sovellettavuutta rajoittavat lyhyehkö koeaika ja valitun paikan erityisolosuhteet.

Maltbyn (1993) mukaan kenttäkokeen tarkoituksena on arvioida, kannattaako järjestelmä ottaa todelliseen käyttöön. Järjestelmän tulee osoittautua turvalliseksi ja ympäristöystävälliseksi ja sen hyötyjen tulee kattaa kustannukset. Sovellus on valmis markkinoille vasta kun se osoittautuu teknisesti toimivaksi ja taloudellisesti kannattavaksi.

Toteutettujen järjestelmien vaikutuksia tulee myös aina seurata. Saatuja tuloksia sovelletaan uusien järjestelmien suunnitteluun.

Vaikutusarvioinnin luotettavuuteen vaikuttavat Kulmalan (1994) mukaan

- järjestelmien kehitysaste
- järjestelmän toteutuksen laajuus ja
- arvioinnin subjektiivisuus.

Arvioinnin luotettavuus paranee järjestelmien lähestyessä käytäntöä. Delfoi-tutkimukset ovat monesti silkkaa arvailua - tosin asiantuntijoiden arvailua, joten suunta voi olla oikea, mutta arviot ovat yleensä liian optimistisia. (Kulmala 1994.)

Arviot ovat sitä luotettavampia, mitä laajempia järjestelmien toteutuksia tutkitaan. Suppeassa kokeessa tutkitaan yhtä järjestelmää yhdessä paikassa, hiukan laajemmassa kokeessa yksittäinen järjestelmä viedään monelle koealueelle. Laajassa ja luotettavimmassa tutkimuksessa yhdistetään monta eri sovellusta ja tutkitaan niiden yhteisvaikutuksia sekä yksittäisten järjestelmien vaikutuksia muiden lisänä. (Kulmala 1994.)

Vaikutusarvioiden luotettavuus paranee arvioinnin objektiivisuuden lisääntyessä. Subjektiivisia ovat haastattelututkimukset ja subjektiivinen havainnointi simuloidussa ympäristössä. Edellistä objektiivisempia ovat objektiiviset havainnot simuloidussa ympäristössä tai subjektiiviset havainnot todellisessa ympäristössä. Objektiivista havainnointia todellisessa liikenneympäristössä voidaan pitää luotettavimpana. (Kulmala 1994.)

3.4 Arviointiparametrit (indikaattorit) ja tiedonkeräystavat

Telematiikkasovelluksen vaikutusten arviointi etenee ketjuna. Ensin mietitään, miten järjestelmän on ajateltu toimivan ja luodaan hypoteesit mahdollisista vaikutuksista. Tämän jälkeen hypoteesien olemassaolo pyritään todentamaan. Indikaattorit valitaan kulloisenkin tarpeen mukaan, järjestelmän toiminnasta ja sen vaikutushypoteeseista riippuen. (Kulmala 1994.)

Järjestelmän vaikutustutkimusta ei voi rajoittaa pelkästään niiden asioiden tutkimiseen, joista ollaan kiinnostuneita. Järjestelmän toimintaan ja vaikutuksiin vaikuttavat monet häiriötekijät, joita ei voi eliminoida. Säätila on tyypillinen häiriötekijä, jota on mitattava valittujen indikaattorien lisäksi. Sää vaikuttaa esimerkiksi kulkutavan valintaan siinä missä moni arvioitava informaatiojärjestelmäkin.

DRIVE I -projekti EVA (Evaluation Process for Road Transport Informatics) päätyi esittämään taulukon 4 mukaisia arviointiparametreja (criteria, indicators) ja yksikköarvoja tieliikenteen telematiikan vaikutusten arviointiin (Bobinger 1993.)

Tietoja kerätään esimerkiksi

- kyselyillä ja haastatteluilla järjestelmän käyttäjiltä (informaation tehokkuus, luotettavuus, käyttökelpoisuus)
- viranomaisilta tilastoina (onnettomuustilastot, säätilastot)
- järjestelmän lokikirjanpidosta tai
- keräämällä dataa liikenteestä esimerkiksi induktiosilmukoilla (liikennemäärä, reittiä muuttava liikenne, liikenteen koostumus, keskinopeus, ajoneuvoväli), tutkalla (ajonopeudet), videoseurannalla (kaistanvaihdot, matkustajamäärät), anturiajoneuvoilla tai näköhavaintoihin perustuen.

Taulukko 4. DRIVE I:n EVA-projektin esittämät yhteiskuntataloudellisen arvioinnin parametrit ja vaikutusten yksikköarvot, ecua v. 1990 (Bobinger 1993).

EVA-PROJEKTIN EHDOTTAMAT VAIKUTUSTEN ARVOT					Yksikkö
TEHOKKUUS					
Kustannukset	infrastruktuuri				ECU
	yksityiset palvelut				ECU
	ajoneuvon varusteet				ECU
Matka-ajan säästöt	ihmiset	työssäkäyvät	ajan vaihtoehtoiskustannus	8,5...2,1	ECU /henkilöh.
		ei-työskent.	kävelyaika liikennevälineelle	17...4,3	
			odotus, etsintä	21,8...8,5	
			matka-aika	17...4,3	
	kaupallisessa käytössä olevat ajoneuvot		henkilöautot	0,8	ECU
			linja-autot	7,9	/ajon.h
			kuorma-autot	3,1	
	Ajoneuvon käyttö-kustannukset	matkasta riippuvat kustannukset (öljy, renkaat)		henkilöautot	0,09
linja-autot				0,45	/ajon.km
kuorma-autot				0,14	
polttoaineen kulutus			0,36	ECU/l	
Mukavuus	mukavuus, stressi				sanall.
TURVALLISUUS					
Vahingot ja loukkaantumiset	kuolleet			744 177	ECU
	vakavasti loukkaantuneet			105 593	/henkilö
	lievästi loukkaantuneet			7 080	
	aineelliset vahingot				ECU
YMPÄRISTÖ					
Ilmansaasteet	päästöt	hiilimonoksidi CO		3	ECU/tonni
		typen oksidit NOx		443	
		hiilivedyt HC		348	
		rikkidioksidi SO2		240	
		lyijy Pb		16 902	
		hiukkaset		227	
Melu	altistuneet henkilöt (perustuu keskimääräiseen 24 h dB(A) melutasoon)			704	ECU /henkilö

DRIVE II:n EAVES-projektin lista arviointiparametreista on varsin kattava (taulukko 5).

Taulukko 5. EAVES-projektin arviointiparametrit (Morello et al 1994).

Yleiset parametrit	Yksittäisen kuljettajan käyttäytyminen
<ul style="list-style-type: none"> ♦ varusteiden hinta ♦ käytön hinta ♦ informaation kattavuus ♦ luotettavuus ♦ havaittavuus ♦ luettavuus ♦ ymmärrettävyys ♦ mukavuus / stressitaso ♦ ohjeiden noudattamisaste ♦ häiriötilanteen havaitsemisnopeus ♦ viestin esittämisenopeus (viive tapahtumasta) ♦ viestin poistamisenopeus häiriön mentyä ohi 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ nopeus ♦ nopeuden poikkeama keskinopeudesta ♦ nopeuden poikkeama nopeusrajoituksesta ♦ kiihdytykset / hidastukset ♦ kaistanvaihdot ♦ kulutavan muutokset ♦ reittimuutokset ♦ pysähdykset tiellä (esim. ruuhkan vuoksi) ♦ pysähdykset esim. pientareelle ♦ pysähdykset palvelukohteissa ♦ hätävilkkujen käyttö ♦ matka-aika ♦ matkan pituus ♦ hyöty käyttäjän näkökulmasta ♦ radion virittäminen
Toimintokohtaiset parametrit	Järjestelmäparametrit
<ul style="list-style-type: none"> ♦ keskinopeus ♦ nopeuksien hajonta ♦ poikkeama nopeusrajoituksesta ♦ onnettomuusaste ♦ ajovalojen käyttö ♦ ajoneuvoväli ♦ onko toiminto käytössä (hindering factor) ♦ liikenne- tai matkustajamäärä ♦ siirtyneen liikenteen määrä ♦ matka-aika ♦ ajetut kilometrit ♦ kaistanvaihdot ♦ jonopituudet ja jonojen sijaintipaikat ♦ polttoaineenkulutus ♦ pakokaasupäästöt ♦ melutaso ♦ järjestelmän käyttökelpoisuus, hyöty (utility) 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ informaation kattavuus ♦ informaation luotettavuus ♦ häiriötilanteiden havaitsemisnopeus ♦ tiedonsiirrosta aiheutuva viive ♦ viestin poistamisenopeus häiriön mentyä ohi ♦ ristiriitaisten (väärin) viestien määrä ♦ tietolähteiden integrointi ♦ tiedon keräyksen ja "varastoinnin" integrointi ♦ tiedon käsittelyn integrointi ♦ toimintojen integrointi ohjaustasolla ♦ viestien välittämisen integrointi

DRIVE II -kenttäkokeissa (Morello ja Maltby 1994) tietoja kerätään esimerkiksi seuraavasti:

- RDS-TMC:llä ja muuttuvilla opasteilla tietoa tarjoavan järjestelmän vaikutuksia tutkitaan havainnoimalla paikan päällä, kuljettajien haastatteluilla ja kyselyillä, järjestelmän operaattorien haastatteluilla, ajoparitutkimuksilla sekä keräämällä liikennedatata manuaalisesti tai automaattisella mittausjärjestelmällä (GEMINI).
- Ajoneuvon sisälle tietoa tuovan järjestelmän, reittiopastuksen ja muuttuvien opasteiden vaikutuksia tutkitaan ensin laboratorioissa, jossa valitaan paras teksti ja kuva opasteeseen, sitten paikan päällä kyselyillä (merkkien havaittavuus sekä tiedon luettavuus ja ymmärrettävyys; vaikutus ajokäyttäytymiseen) (MELYSSA).
- Kuljettajien reagointia muuttuviin opasteisiin tutkitaan ensin ajosimulaattorissa, sitten seurataan kentällä todellisia vaikutuksia (QUO VADIS).
- Informaation vaikutuksista matkan suunnitteluun kerätään tietoa haastatteluilla ja kyselyillä käyttäjiltä ja järjestelmän operaattoreilta, muuttuvien opasteiden vaikutusta arvioidaan keräämällä dataa liikenteestä ja haastatteleamalla kuljettajia (PLEIADES).
- Vaarallisten aineiden seurantajärjestelmän liikenneturvallisuusvaikutuksia arvioidaan onnettomuuksien ja niissä kuolleiden ja loukkaantuneiden ihmisten sekä omaisuusvahinkojen määrällä, häiriöiden havaitsemisen paranemisella, varoituksen antonopeudella ja varoitusalueen laajenemisella (PORTICO).
- RDS-TMC:n vaikutuksia arvioidaan haastatteleamalla testiajajia ja arvioimalla heidän kokemuksiaan ja asenteitaan sekä keräämällä järjestelmädataa ja arvioimalla viestejä ja niiden käsittelyä (ACCEPT, BEVEI).
- Ramppiohjauksen ja nopeuksien harmonisoinnin vaikutuksia tutkitaan rekisteritunnukset lukevalla kuvankäsittelyjärjestelmällä, jotta saadaan selville järjestelmien vaikutuksia reitinvalintaan ja liikennemääriin (EURO- TRIANGLE).

3.5 Liikenteen telematiikan vaikutusten arviointi vaikutusryhmittäin

3.5.1 Liikenteen sujuvuus

Informaation avulla olemassa oleva kapasiteetti pyritään hyödyntämään tehokkaasti vaikuttamalla matkojen ajankohtiin, reitteihin ja kulkutapaan. Telematiikalla odotetaan olevan suurin vaikutus ruuhkien vähenemiseen ja viipeiden pienenemiseen. Matka-aikojen odotetaan lyhenevän tai ainakin niiden ennakoitavuuden paranevan. Lisäksi satunnaisista liikenteen häiristä aiheutuvia viipeitä on mahdollista lyhentää.

Taulukossa 6 on liikenteen sujuvuusvaikutusten arviointiin usein käytettyjä parametrejä.

Taulukko 6. Liikenteen sujuvuusvaikutusten arviointiin usein käytettyjä parametrejä (Morello ja Maltby 1994).

Parametri	
♦ liikennemäärä	♦ matka-aika
♦ toiselle reitille siirtynyt liikenne	♦ matkan pituus
♦ keskinopeus	♦ viive
♦ reittimuutokset	
Vaikutus yksilön kannalta	
♦ lähtöajan muutos	♦ lyhentynyt / pidentynyt matka-aika
♦ aikataulun muuttaminen matkan aikana	♦ kasvanut / lyhentynyt matkan pituus
♦ reitin muuttaminen	♦ saavutetut hyödyt / menetykset

Taulukkoon 7 on kerätty DRIVE II-projekteissa mitattavia liikenteen sujuvuusparametreja ja niiden mittaustapoja. Useimmat projektit keräävät datan silmukka-antureilla ja täydentävät tietoa anturiajoneuvoista (floating car) saadulla tiedolla ja mallittamalla. Informaation vaikutusta liikenteen sujuvuuteen voidaan tutkia esimerkiksi vertaamalla erilaisilla laitteistoilla varustettujen kuljettajaryhmien tai ajoparien matka-aikoja sekä mittaamalla jonopituuksia tai viipeitä liittymissä.

Taulukko 7. DRIVE II -kenttäkokeissa liikenteen sujuvuusvaikutusten arviointiin käytettyjä parametreja ja niiden mittaustapoja (Morello ja Maltby 1994).

Projekti	Parametrit	Mittaustapa
♦ DYNA	♦ matka-aika ♦ nopeus ♦ liikennemäärä	♦ silmukka-anturit
♦ EUROCOR	♦ matka-aika ♦ odotusaika ♦ jonopituudet ja jonojen esiintymistiheys	♦ silmukka-anturit ♦ näköhavainnot
♦ GERDIEN	♦ matka-aika ♦ nopeus ♦ liikennemäärä ♦ varausaste (occupancy)	♦ silmukka-anturit ♦ operaattorien haastattelu
♦ PLEIADES	♦ liikennemäärä	♦ silmukka-anturit
♦ QUO VADIS	♦ liikennemäärä ♦ nopeus ♦ varausaste (occupancy) ♦ jonopituudet ♦ matka-aika	
♦ RHAPIT	♦ paikalliset nopeudet ♦ matkanopeudet	♦ silmukka-anturit ♦ anturiajoneuvot (floating car)

3.5.2 Liikenneturvallisuus

Telematiikka muuttaa kolmea onnettomuuksien taustatekijää eli

- kuljettajan käyttäytymistä
- liikenneolosuhteita ja
- matkustustottumuksia (Carsten 1993).

Kuljettajan käyttäytymiseen kuuluvat mm. oppiminen, sopeutuminen ja vastuun jakaminen. Kuljettajat saattavat luottaa enemmän tekniikkaan kuin muilta tienkäyttäjiltä tuleviin viesteihin tai uskoa, että järjestelmä toimii kuljettajan puolesta. Kuljettaja saattaa ottaa suuremman riskin olettaessaan järjestelmiensä varoittavan. Ilman laitteita ajavat saattavat matkia järjestelmällä varustettuja. Vastuuta ei kuitenkaan voi siirtää ihmiseltä tekniikalle.

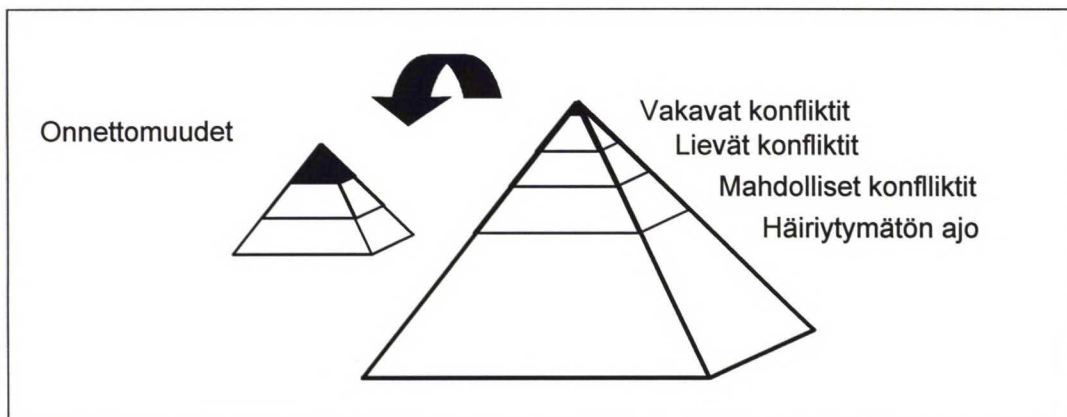
Liikenneolosuhteiden muuttumisella Carsten (1993) tarkoittaa esimerkiksi suurempaa tehokkuutta, joka lisää liikenteen määrää ja siten onnettomuuksia tai suurempia nopeuksia, jotka johtavat onnettomuuksien määrän kasvuun ja entistä vakavampiin onnettomuuksiin.

Informaatio saattaa muuttaa liikenteen sijoittumista verkolle. Reittivalinnalla on merkitystä turvallisuuden kannalta, sillä ylempänä hierarkiassa olevat tiet ovat alempitasoisia turvallisempia. Lisäksi informaatiolla voidaan vaikuttaa matkustamisen ja matkustustavan valintaan, joten se voi generoida uusia matkoja ja vaikuttaa kulkutapajakaumaan.

DRIVE II:n HOPES-projekti luokittelee järjestelmien turvallisuusvaikutukset seuraavasti (Draskóczy 1993b):

1. ajoneuvon sisällä olevan laitteen suorat vaikutukset kuljettajaan (tehtävän muuttuminen)
2. tienvarren laitteen suorat vaikutukset käyttäjään
3. järjestelmien epäsuorat, kuljettajan käyttäytymistä muuttavat vaikutukset
4. järjestelmien epäsuorat, muiden kuin käyttäjien käyttäytymistä muuttavat vaikutukset
5. käyttäjien ja ei-käyttäjien välisen vuorovaikutuksen muuttuminen (esim. jalankulkija tai pyöräilijä vastaan autoilija)
6. onnettomuuksien seurauksien muuttuminen (esim. tehostettu pelastustoiminta)
7. altistuksen muuttuminen (matkan pituus tai matkojen tiheys saattavat muuttua)
8. vaikutukset kulkutapajakaumaan
9. vaikutukset reitinvalintaan
10. vaikutukset nopeuksiin.

Onnettomuudet eivät aina ole hyvä turvallisuusvaikutusten mittari. Onnettomuuksia sattuu harvoin ja niiden määrä voi vaihdella prosentuaalisesti suurestikin ilman, että muutos on tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi onnettomuuksien taustalla on monimutkainen todennäköisyyksien ja sattumien verkosto, mikä vaikeuttaa niiden syiden selvittämistä. Ruotsalainen Hydén havainnollistaa tätä turvallisuuspyramidilla (kuva 17).



Kuva 17. Turvallisuuspyramidi (Oppe 1993).

Liikenneturvallisuusvaikutusten arvioimiseksi Prometheus-ohjelman Pro-Gen -projekti on kehittänyt **liikenneturvallisuuden muistilistan** (the traffic safety checklist), joka ohjaa järjestelmän suunnittelijoita käymään läpi järjestelmällisesti uuden järjestelmän mahdollisia epätoivottuja sivuvaikutuksia. Lista auttaa suunnittelijoita "kysymään kaikki oleelliset kysymykset", jotka liittyvät kuljettajien käyttäytymisen muuttumiseen uuden järjestelmän vaikutuksesta. (Chaloupka ja Risser 1993.)

Onnettomuustilastoja (accident patterns) tutkimalla voidaan arvioida mitä esimerkiksi reitin muutokset vaikuttavat liikenneturvallisuuteen (Hodgson 1993).

Liikennemallit mahdollistavat järjestelmän vaikutusten tutkimisen eri verkoilla ja erilaisissa liikennetilanteissa (Poppe 1993).

Ajosimulaattorissa kuljettajan reaktioita voidaan seurata järjestelmällisesti ohjatussa ja muunneltavassa ympäristössä. Simulaattorilla voidaan tutkia esimerkiksi alkoholin ja stressin vaikutusta kuljettajan käyttäytymiseen. Simulaattori on yksinkertaisimmillaan tietokoneen näyttö, johon on kiinnitetty ohjauspyörä. Monipuolisimmissa ajosimulaattoreissa kehittynyt grafiikka luo mielikuvan todellisesta liikenneympäristöstä ja liikkuva pohja matkii ajoneuvon liikettä. (Egbering 1993.)

Onnettomuuksien tapaustutkimuksissa (in-depth accident studies) tutkijalautakunta analysoi ihmisen, ajoneuvon ja ympäristön vuorovaikutusta yksittäisissä onnettomuuksissa. Useiden tutkimusten, esimerkiksi Treatin 1980 tekemän, mukaan inhimilliset tekijät ovat ainakin osasyynä yli 90 %:ssa onnettomuuksista. (Forward 1993.)

Asennetutkimuksilla selvitetään autoilijoiden suhtautumista tarjottavaan järjestelmään (Forward 1993).

Taulukossa 8 on telematiikan liikenneturvallisuusvaikutusten arviointiin usein käytettyjä parametreja. Liikenneturvallisuusvaikutuksia voidaan arvioida tarkkailemalla toisaalta liikennettä ja toisaalta kuljettajien käyttäytymistä. Taulukkoon 9 on koottu DRIVE II -kenttäkokeiden arviointisuunnitelmista poimittuja mittaustapoja.

Taulukko 8. Turvallisuusvaikutusten arviointi (Morello ja Maltby 1994).

Liikennettä kuvaavat parametrit	
♦ keskinopeus	♦ ajoneuvoväli
♦ nopeuksien hajonta	♦ onnettomuusaste
Kuljettajan käyttäytymisen seuranta	
♦ oikein ajoitettu nopeuden alentaminen	♦ kuljettajan tehtävän havaittu häiriintyminen
♦ kuljettajan tehtävän raportoitu häiriintyminen	♦ kuljettajan kokema turvallisuus

Taulukko 9. DRIVE II -kenttäkokeiden arviointisuunnitelmia kelivaroitussjärjestelmille (Morello ja Maltby 1994).

Projekti	Mittaustapa ja parametrit
♦ PLEIADES (sumuvaroitust, Lys Valley)	♦ mittaukset paikan päällä (esimerkiksi nopeus, välimatka)
♦ ROSES (tien ja sään seuranta)	♦ liikenteen (nopeus, välimatka) ja sään seuranta ♦ korrelaatiotutkimukset: kuljettajien käyttäytyminen, liikennemäärä, sää, riskien arviointi
♦ ROSES (testiauto)	♦ kuljettajien käyttäytymisen seuraaminen: ohjausliikkeet, fysiologiset parametrit, ajoneuvon nopeus, kitkapotentiaalin käyttö
♦ HOPES	♦ tiedon kerääminen silmukakkailmaisimilla, sään seuranta ♦ tienvarsihaastattelut kitka- ja käyttäytymismittauksiin liittyen ♦ kunnossapidon seuranta, kitkamittaukset ♦ onnettomuuksien tapaustutkimukset (in-depth accident study) ♦ kyselyt (survey and questionnaires) ♦ kuljettajan käyttäytymisen seuraaminen ajoneuvossa
♦ ROSES (Wales)	♦ nopeuden muutosten ja sivupoikkeamien (lateral deviation) sekä reittien seuranta
♦ EAVES (sumuvaroitust, kelivaroitust, tuulivaroitust)	♦ keskinopeus, nopeuksien hajonta, onnettomuusaste, ajoneuvoväli, ajovalojen käyttö

Kenttäkokeiden turvallisuusvaikutusten mittaustapoja ovat Carstenin (1993) mukaan konfliktitutkimukset, kuljettajan tarkkailu ajoneuvon sisällä sekä testiajoneuvot. Esimerkiksi kamera-autoa käytetään kuljettajan ja telematiikkalaitteen vuorovaikutuksen analysointiin.

3.5.3 Ympäristö

Liikenteen telematiikan ympäristövaikutukset liittyvät usein sujuvuusvaikutuksiin. Ruuhkaa vähentävän järjestelmän odotetaan vähentävän myös päästöjä. Jos toisaalta vapautuva kapasiteetti generoi uutta liikennettä, ympäristövaikutuksetkin kompensoituvat absoluuttisesti, joskaan eivät suhteellisesti. Polttoaineen kulutusta voidaan vähentää opastamalla ajoneuvot nopeinta tai lyhintä reittiä pysäköintipaikalle tai määränpäähän.

Kaupunkien olemassa olevat ilman laatua mittaavat seuranta järjestelmät ovat liian karkeita telematiikan ympäristövaikutusten mittaamiseen. Päästövaikutuksia arvioidaankin useimmiten mallittamalla. Tällöin vaikutuksia voidaan arvioida eri laitemäärillä ja koealuetta laajemmalla alueella. Esimerkiksi kaupunkiliikenteen päästöjä tutkittaessa mallitettavat saasteet ovat hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit ja lyijy. (Taylor ja McQueen 1994.)

Liikenteen telematiikan vaikutusta meluun on toistaiseksi tutkittu erittäin vähän. Esimerkiksi reittiopastuksen meluvaikutukset saattavat olla negatiivisia, kun liikennettä ohjataan pois melusuojatuilta pääväyliltä. Myös nopeustason nousu lisää melua. Meluvaikutuksia voisi arvioida laskennallisesti mittaamalla liikennemäärän, kulkumuotojakauman ja nopeustason muutosta. (Kulmala 1994.) Toisaalta Karhula (1994) muistuttaa, että melutaso nousee ihmiskorvan erottaman 3 db vasta liikennemäärän kaksinkertaistuessa. Jos ajoneuvojen - etenkin raskaiden ajoneuvojen ja bussien - kiihdytyksiä ja hidastuksia pystytään vähentämään telematiikan avulla, liikenteen aiheuttamat meluhaitat pienenevät varsinkin taajamissa (Karhula 1994).

3.5.4 Muut vaikutukset

Ruotsin tielaitos on kirjannut tieliikenteen telematiikan muita vaikutuksia (Swedish National Road Administration 1987):

- ajoneuvon käytön miellyttävyys
- mukavuus ja hyvinvointi
- henkilökohtainen turvallisuuden tunne
- oheistoiminnot (kuljettajan aikaa vapautuu muuhun kuin ajamiseen).

"Mukavuus" ja "hyvä palvelu" ovat korostuneet tutkimusohjelmien tavoitteiden asettamisen jälkeen. Sujuvuus- ja turvallisuusvaikutusten arviointi on osoittautunut mutkikkaaksi, mutta on ilmeistä, että esimerkiksi ajoneuvon kuljettaja kokee miellyttävänä ja hyvänä palveluna ruuhkan syyn kertomisen, vaikka matkaa ei voisikaan nopeuttaa.

Liikenteen telematiikan muita vaikutuksia voidaan arvioida esimerkiksi haastatteluilla ja kyselyillä.

4 ESIMERKKEJÄ TIELIIKENTEEN TELEMATIIKAN VAIKUTUS- TUTKIMUKSISTA

4.1 Delfoi-tutkimuksia ja muita asiantuntija-arvioita

4.1.1 Pohjoismainen Delfoi-tutkimus 1993

Pohjoismaiden tieteellisen liiton jaosto 53 kartoitti kesällä ja syksyllä 1993 90 pohjoismaisen liikenteen ohjauksen ja hallinnan asiantuntijan mielipiteitä liikenteen ja sen ongelmien kehittymisestä Pohjoismaissa sekä arvioita liikenteen telematiikan tulevaisuudesta, toteutusaikataulusta ja oletetuista vaikutuksista. Tavoitteena oli myös arvioida, onko Pohjoismaissa sellaisia liikkumisen ja kuljettamisen ongelmia, jotka edellyttävät Manner-Euroopasta poikkeavia ratkaisuja ja kehittämisen tai tutkimisen painottamista. Tutkimus oli kaksikierroksinen minidelfoi, jota täydennettiin 30 asiantuntijan seminaarilla. Tutkimuksessa käytettiin liitteen 2 mukaista ruotsalaisen TOSCA-tutkimuksen keinojakoa. (Pohjoismaiden tieteellinen liitto, Suomen osasto 1994.)

Tutkimukseen osallistuneet uskoivat telematiikkasovelluksiin ongelmien ratkaisussa, vaikka vastausten hajonta viittaakin jonkinlaiseen epävarmuuteen. Vastaajat pitivät seuraavia telematiikan vaikutuksia todennäköisimpinä (taulukko 10):

- kuljetuskaluston ja tavarakuljetusten hallinta tehostaa kuljetuskaluston käyttöä
- joukkoliikenteen säännöllisyyden parantaminen ja joukkoliikennetieto lisäävät joukkoliikenteen kilpailukykyä
- kevyen liikenteen havaitseminen parantaa kevyen liikenteen turvallisuutta
- alueelliset tienkäyttömaksut parantavat joukkoliikenteen kilpailukykyä
- tien pinnan ja sään seuranta parantaa autoliikenteen turvallisuutta
- esteiden havaitseminen (konenäkö), automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö sekä kuljettajan ajokunnon valvonta parantavat autoliikenteen turvallisuutta
- alueelliset tienkäyttömaksut ja liittymien ohjaus (esimerkiksi itseoptimoiva valo-ohjaus) lieventävät ruuhkaongelmaa ja
- kehittynyt liikenteen valo-ohjaus lieventää ruuhkaongelmaa, lisää ajomukavuutta ja autoliikenteen turvallisuutta sekä vähentää liikenteen päästöjä.

Taulukko 10. Tieliikenteen telematiikan vaikutukset (Pohjoismaiden tieteellinen liitto, Suomen osasto 1994).

Vaikutus	Lieventää ruuhka-ongelmaa	Parantaa auto-liikenteen turvallisuutta	Parantaa kevyen liikenteen turvallisuutta	Vähentää liikenteen aiheuttamaa melua	Vähentää liikenteen aiheuttamia päästöjä	Tehostaa kuljetus-kaluston käyttöä	Lisää mukavuutta	Parantaa joukko-liikenteen kilpailukykyä	Lyhentää matka-aikaa	Parantaa erityis-ryhmien liikkumis-edellytyksiä	Vähentää "turhaa" ajamista
Keino											
1. Liittymäohjaus	**	*		*	*	*	**	**	*	*	*
2. Joukkoliikenteen säännöllisyyden parantaminen	*	*				**	*		**		
3. Paikalliset informaatiojärjestelmät	*					*					
4. Alueelliset tienkäyttömaksut	**	*		*	*	*		**			**
5. Häätäpuhelinjärjestelmän hallinta		**					*				
6. Tien pinnan ja sään seuranta		**									
7. Vuorovaikuttainen reitinvalinta	**				*	*	*		**		*
8. Suunnistusjärjestelmät	*				*	*	*		*		*
9. Verkkotason pysäköinnin ohjaus	*			*	*	*	*		**		**
10. Joukkoliikenteen informaatio	*	**			*	*	*	**	*	*	*
11. Liikennevirran säätely pääväylillä	**	**				*	*	*			
12. Tienkäyttömaksut (autom. perintä)	*	*				*	*	*			
13. Kevyen liikenteen havaitseminen		*	**		**		*			*	
14. Esteiden havaitseminen		**	**		*		*				
15. Nopeuden ja ajoneuvovälin säätö		**	**		*		*				
16. Ajoneuvon nopeuden ja vihreän aallon yhteensovittaminen	*	*	*	*	*	*	**		*		*
17. Kimppe-ajon hallintajärjestelmä	*	**	*			*					
18. Kuljettajan toiminnan valvonta		**	*	*		*	**			*	*
19. Kuljettajan tilan valvonta		**	*	*		*	**				*
20. Ajoneuvon hallinta		**	*	*		*	**			*	*
21. Matkailijainformaatio	*					*	**		**	*	*
22. Kuljetuskaluston hallinta					*	**	**	*			**
23. Tavarakuljetusten hallinta					*	**	**	*			**

** Merkittävä vaikutus, * Jonkin verran vaikutusta

4.1.2 Ruotsalainen Delfoi-tutkimus 1987

Ruotsin tielaitos arvioi vuonna 1987 Delfoi-tutkimuksessa ja paneelikeskustelussa tieliikenteen telematiikan vaikutuksia (Swedish National Road Administration 1987).

Ruotsalaisessa tutkimuksessa keinot oli jaettu seuraaviin ryhmiin:

1. navigointijärjestelmät (Autonomous vehicle navigation)
2. matka- ja liikennetieto (Road service information on facilities along roads, road conditions, local weather, traffic congestion and accidents)
3. tienkäyttömaksut ja automaattinen maksujen perintä (User cost and automatic debiting)
4. vuorovaikutteinen reittiopastus (Interactive route guidance for navigation and traffic flow improvements)
5. automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö (Speed and distance keeping for safe, rapid driving in platoons with short distances between vehicles)
6. törmäyksenestojärjestelmät (Collision avoidance for safer driving in lanes)
7. automaattinen ajaminen valtateillä (Automatic highway chauffeurage).

Ruotsalaisasiantuntijoiden arvioiden mukaan

- nopeuden ja etäisyyden säätimet tai automaattinen ajaminen lisäävät kaistan kapasiteettia 10 %
- liikenneturvallisuuden odotetaan paranevan 30 %, jos käytössä on törmäyksenestojärjestelmiä ja 42 %, jos kaikki tekniikat ovat käytössä
- telematiikan vaikutukset päästöihin ovat pieniä
- kaikki tutkitut järjestelmät voivat lisätä ajomukavuutta ja ajajan turvallisuuden tunnetta
- ajoneuvon hinnan arvioidaan nousevan 1 %, jos siihen lisätään automaattisia maksujenperintäjärjestelmiä, 25 %, jos käytetään automaattisia ajojärjestelmiä ja 5 - 10 %, jos ajoneuvossa on informaatio-, reittiopastus- tai törmäyksenestojärjestelmiä tai automaattisia nopeuden ja ajoneuvovälin säätimiä.

Tärkeimmät telematiikan toteuttajat ovat Ruotsin tielaitoksen mukaan teollisuus ja tielaitokset.

4.1.3 Asiantuntijaneelien arvio liikenteen hallinnan vaikutuksista (Hollanti)

Liikenteen hallintaan Hollannissa käytetään monenlaisia keinoja: ramppiohjausta, muuttuvia opasteita, automaattista maksujen perintää sekä ajoneuvon sisällä sijaitsevia

reittiapustuslaitteita. Monet hankkeet toteutetaan yhteistyössä DRIVE- ja PROMETHEUS-ohjelmien kanssa.

Liikenteen hallinnan tavoitteeksi on asetettu tiestön kapasiteetin lisääminen 10 %:lla vuoteen 1995 mennessä ja 15 - 25 %:lla vuoteen 2010 mennessä. Liikenneturvallisuuden odotetaan paranevan 20 %. Ympäristöhaittojen odotetaan vähenevän ruuhkien vähentyessä ja joukkoliikenteen käytön lisääntyessä. Taulukkoon 11 on koottu asiantuntijapaneelin arvioita liikenteen hallinnan vaikutuksista. (van Leusden ja Coemet 1993.)

Taulukko 11. Asiantuntijapaneelin arvio liikenteen hallinnan vaikutuksista Hollannissa (van Leusden ja Coemet 1993).

Järjestelmä	Parantaa tehokkuutta v.1995 (%) v.2010		Vaikutus turvallisuuteen	Vaikutus ympäristöön
♦ Tienvarren järjestelmät (muuttuvat opasteet, ramppiohjaus jne. moottoriteillä)	5 (9)	6 (12)	suuri	positiivinen
♦ Ajoneuvon järjestelmät (RDS/TMC, navigointi, ajantasainen reittiapustus)	> 3 (5)	> 7 (10)	positiivinen	positiivinen
♦ Kysynnän hallinta (tienkäyttömaksujen automaattinen perintä)	2 (5)	> 5 (10)	positiivinen	positiivinen
♦ Häiriötilanteiden hallinta (häiriöiden seuranta, hälytykset ja häiriön hoitaminen)	2 (5)	4 (15)	suuri	pieni
♦ Ajoneuvon hallintajärjestelmät (kuljettajan toimintaa tukevat ajoneuvolaitteet)	ei käyt.	> 15 (?)	erittäin suuri	suuri
♦ Kokonaisvaikutus (ilman ajoneuvon hallintajärjestelmiä)	noin 10	15 - 25		

(): Vaikutus ylikuormittuneissa tilanteissa

4.1.4 Liikenteen telematiikan vaikutukset (USA)

U.S. General Accounting Office (1991) arvioi ajoneuvonhallinnan vähentävän merkittävästi ruuhkia. Automaattisilla moottoriteillä kapasiteetti kasvaisi huomattavasti ajoneuvojen voimassa ajaa lähellä toisiaan suuremmilla nopeuksilla. Onnettomuuksien, taitamattomien ajajien ja huonon kelin vaikutukset poistuisivat lähes kokonaan.

IVHS-asiantuntijat (PIARC 1993) arvelevat, että törmäysten välttämisyjärjestelmät parantavat liikenneturvallisuutta. Suuria positiivisia liikenneturvallisuusvaikutuksia voidaan kuitenkin odottaa vasta automaattisilta järjestelmiltä - siihen asti on tyydyttävä kuljettajan "tietoisuuden" lisäämiseen. Brand (1992) arvioi lisäksi, että tulevaisuudessa automatisoituvat ajoneuvot ja valtatiet jopa kaksinkertaistavat tai nelinkertaistavat tien kapasiteetin.

4.1.5 PROMETHEUS-tutkimusohjelmassa kehitettyjen ajoneuvolaitteiden vaikutukset (Saksa)

PROMETHEUS-tutkimusohjelmassa kehitetyillä ajoneuvolaitteilla arvioidaan olevan merkittäviä turvallisuusvaikutuksia (taulukko 12). Asiantuntijaryhmä analysoi tilastoista Saksassa tyypillisiä onnettomuuksia ja niiden syitä ja arvioi, miten kehitetyt ajoneuvolaitteet vaikuttaisivat onnettomuusmääriin. Laitteiden yhteisvaikutusta ei voitu arvioida.

Taulukko 12. Asiantuntijaryhmän arvio onnettomuuksien vähenemisestä PROMETHEUS-ohjelmassa kehitetyn tekniikan käyttöönoton myötä (Lentz 1993).

Järjestelmä	Arvioitu vaikutus (henkilövahinko-onnettomuuksien määrän väheneminen %)
♦ Matkan suunnittelu (trip planning)	(*)
♦ Reittiopastus (route guidance)	0,4 - 1,4
♦ Vakionopeuden säätö (speed keeping)	14,6 - 16,0
♦ Auton seuraaminen (car following)	2,3 - 3,0
♦ Kaistalla pysyminen (lane keeping)	0,8 - 2,6
♦ Ohittaminen (overtaking)	1,7 - 2,9
♦ Liittymien ohjaus (intersection control)	4,3 - 4,5
♦ Onnettomuuksien havaitseminen (accident detection)	0,1 - 0,2
♦ Esteiden havaitseminen (obstacle detection)	0,2 - 0,6

(*) Hyötyä ei voitu arvioida

4.2 Simulointitutkimuksia

4.2.1 TOSCA (Ruotsi)

Ruotsissa arvioitiin vuonna 1992 Göteborgin seudulla ARENA-koealueella toteutettavien informaatiokeinojen vaikutuksia TOSCA-simulointitutkimuksessa. TOSCA (Test-Site-Oriented SCenario Assessment) käsitti käytännössä kaikki tieliikenteen telematiikan osa-alueet (liite 2, Swedish Transport Research Board 1992.)

Raportissa on esitetty mainittujen toimenpiteiden vaikutukset matka-aikaan, liikenneturvallisuuteen, päästöihin ja liikennekustannuksiin vuosina 2000 ja 2005. Seuraavat luvut ovat vuoden 2005 skenaarion vaikutusarvioista:

Liikenteen sujuvuus:

- alueellisella tienkäyttömaksulla, reittiopastuksella, liittymien ohjauksella ja paikallisilla varoituksilla saavutetaan kaikilla yli 1 %:n aikasäästö
- matka-ajan arvioidaan eri toimenpiteiden yhteisvaikutuksena lyhenevän huipputuntina 10 800:lla tunnilla eli yhdeksällä prosentilla: 10 % taajama-alueella, 13 % taaja-

man ulkopuolella ja 4 % joukkoliikenteessä

- tietullit siirtävät liikennettä taajaman ulkopuolelta kaupunkialueelle. Ilman siirtymistä matka-ajan säästö olisi 19 % taajama-alueella ja vain 3 % sen ulkopuolella.

Liikenneturvallisuus:

- ajoneuvojen automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö tarjoaa yli 3 %:n turvallisuuden lisäyksen (mittana onnettomuuksien väheneminen)
- liikennevirran ohjaus pääteillä, liittymien ohjaus ja paikalliset varoitukset edistävät kukin turvallisuutta yli prosentilla
- tietullin lievä (0,5 %) negatiivinen vaikutus johtuu liikenteen siirtymisestä alemmipitoiselle tiestölle
- toimenpiteiden kokonaisvaikutuksena turvallisuus paranee 3 %, mikä vastaa 160 onnettomuutta. Onnettomuuksien vähenemä olisi tarkastelun mukaan 9 % taajamissa ja 1 % taajaman ulkopuolella. Joukkoliikenteen onnettomuudet puolestaan lisääntyvät 5 %:lla kulkutapajakauman muuttumisen vuoksi.

Ympäristö:

- paikalliset varoitukset ja reittiopastus vähentävät kumpikin pakokaasupäästöjä noin 2 %:lla ja sään seuranta noin 1 %:lla
- alueelliset tienkäyttömaksut lisäävät päästöjä yli 2 %:lla, sillä ne siirtävät liikennettä sivuteille, joilla ei peritä maksua
- toimenpiteiden yhteisvaikutuksena olisi 11 % vähenemä hiilivetyihin, 26 % vähenemä hiilimonoksidiin ja 0,5 % vähenemä hiilidioksidiin. Typen oksideihin ei telematiikan keinoin arvioida voitavan vaikuttaa.

TOSCA-tutkimuksessa arvioitiin myös telematiikan käyttöönoton kustannuksia ja hyötyjä. Kustannukset koostuvat kahdesta komponentista: liikenteen kustannuksista (transport costs) ja järjestelmän kustannuksista (system costs).

Vuonna 2005 suurin positiivinen vaikutus liikenteen kustannuksiin arvioidaan olevaan joukkoliikenteen säännöllisyyden parantamisella (kustannukset -1.4 %). Suurin autoilijoita koskeva positiivinen vaikutus on paikallisilla ohjeilla ja informaatiolla, mutta kustannusten väheneminen on vain 0,3 %. Tienkäyttömaksut puolestaan lisäävät liikenteen kustannuksia. Kun tienkäyttömaksun suuruus on 0,50 SEK/ajoneuvokilometri ruuhka-aikaan ja 0,25 SEK/ajoneuvokilometri ruuhka-ajan ulkopuolella, siirto tienkäyttäjiltä julkiselle sektorille on 2,5 miljardia SEK vuodessa.

Ruotsin liikenneministeriö (Kommunikationsdepartementet 1993) arvioi osittain TOSCA-tutkimukseen perustuen, että telematiikan avulla voidaan saavuttaa liikennepoliittisia tavoitteita halvemmalla kuin vaihtoehtoisilla keinoilla. Koska telematiikka ei kuitenkaan merkittävästi alenna liikenteen suoria kustannuksia, on kyseenalaista, voidaanko telematiikkaa

levittää puhtaasti markkinaperusteilla.

TOSCAssa tehdyt laskelmat liikenteen telematiikan yhteiskuntataloudellisista hyödyistä on esitetty taulukossa 13. Lupaavimpia sovelluksia yhteiskuntataloudellisen vertailun perusteella ovat reittiopastus, tienkäyttömaksut, paikalliset varoitukset ja informaatio, joukkoliikennetieto, liittymien ohjaus sekä ajoneuvon ja vihreän aallon yhteen sovittaminen.

Taulukko 13. Liikenteen telematiikan arvioidut yhteiskuntataloudelliset hyödyt vuonna 2005. (Swedish Transport Research Board 1992).

Keino	Hyöty vuonna 2005					
	Matka- aika MSEK	Liikenne- turvalli- suus MSEK	Ympäristö MSEK	Matka- kustan- nukset MSEK	Järjestelmän kustan- nukset MSEK	YHTEENSÄ
Liittymien ohjaus	412	46	-5	-3	?	450
Joukkoliikenteen säännöllisyyden parantaminen	60	-14	3	44	?	94
Paikalliset varoitukset ja informaatio	1 130	42	25	9	?	1 207
Kaupunkialueiden tienkäyttömaksut	1 126	-26	-29	-6	190	1 255
Hätäpuhelujärjestelmän hallinta	1	12			?	13
Tien pinnan ja sään seuranta	-76	30	23	2	?	-21
Reittiopastus	1 357	-16	25	9	?	1 374
Kaupunkien väliset suunnistusjärjestelmät	46	4	4	2	?	56
Verkkotason pysäköinnin ohjaus	120		2	1	?	123
Joukkoliikennetieto	451	6		49	?	507
Pääväylien liikennevirran säätely	126	51				177
Maksujenperintäjärjestelmät	-69	-117	5	4	242	65
Kevyen liikenteen havaitseminen	12	12			?	23
Esteiden havaitseminen	4	18			?	22
Autom. nopeuden ja ajoneuvovälin säätö	-236	109	3		?	-124
Ajoneuvon nopeuden ja vihreän aallon yhteensovittaminen	181	15	6	9	?	211
YHTEENSÄ	3 677	104	40	543	?	4 363

4.2.2 TOSCA II (Ruotsi)

TOSCAN jatko-osa TOSCA II toteutetaan vuosina 1993 - 1995 ARENA-kenttäkokeen rinnalla. TOSCA II -simulointitutkimus pyrkii antamaan kokonaiskuvan tieliikenteen telematiikan yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista. Arviointi koskee telematiikan vaikutusta liikenteen tehokkuuteen, turvallisuuteen, ympäristöön ja talouteen. (KFB 1994.)

Vuoden 2005 skenaarion alustavien laskelmien mukaan

- onnettomuuksia voidaan vähentää 3 %
- päästöjä voidaan alentaa 2 %
- matka-aikoja voidaan lyhentää noin 10 %.

Matka-aikalaskelmien mukaan telematiikan keinoilla voidaan vähentää ruuhkia yhtä paljon kuin tienrakentamisella. Liikenneturvallisuus- ja ympäristövaikutuksista on epävarmuutta. Niihin vaikuttaa esimerkiksi se, tuleeko järjestelmistä pakollisia tai puututaanko konfliktitilanteisiin automaattisesti.

4.2.3 Ennen matkaa saadun informaation vaikutus matkustuskäyttäytymiseen (Englanti, Kreikka)

Polak ja Jones (1992) raportoivat DRIVE I:n EURONETT-projektissa saatuja kokemuksia ennen matkaa tarjotun informaation vaikutuksesta matkustuskäyttäytymiseen (travel behaviour).

Kotona ennen matkaa informaatiota tarjoavien palvelujen odotetaan vaikuttavan merkittävästi matkustajan valintoihin. Järjestelmien houkuttelevuutta lisää se, että tietoa voidaan tarjota paitsi matkaan liittyvistä asioista myös esimerkiksi kauppojen hinnoista, muista palveluista ja tapahtumista. Informaation lyhyen aikavälin vaikutukset perustuvat lähinnä käyttäjän parantuneeseen tietoon tarjolla olevista vaihtoehdoista. Tulevaisuudessa telematiikan odotetaan korvaavan fyysistä liikkumista.

Polak ja Jones (1992) selvittivät stated-preference -tutkimuksella liikkujien informaatiotarpeita ja sitä, miten tiedon saaminen muuttaa käyttäytymistä. Tutkimuksessa simuloitiin käyttäjän kotona sijaitsevaan mikrotietokoneeseen perustuvaa, autolla ja bussilla matka-ajat keskustaan tarjoavaa informaatiojärjestelmää. Tutkimus tehtiin sekä Birminghamissa että Ateenassa.

Tutkimuksen mukaan myös säännöllisesti liikkuvat tarvitsevat informaatiota ennen matkaa. Nykyisten järjestelmien puutteena on, että ne tarjoavat useimmiten vain yhteen kulkutapaan liittyvää tietoa.

Toivotun informaation määrä ja sisältö riippuu tiedon käyttäjästä, matkatyypistä ja kansallisista tekijöistä. Koko Euroopan kattavien järjestelmien on siten oltava riittävän joustavia. Markkinatutkimus on tarpeen palvelua suunniteltaessa ja aloitettaessa.

Informaatio kiinnostaa liikkuja, mutta ihmiset ovat valikoivia tiedon määrän ja laadun suhteen. Tiedon on oltava ajantasaista ja olennaista. Järjestelmän tulisi osoittaa aktiivisesti käyttäjän kannalta merkittävät liikenteen häiriöt ja kertoa taustatietoa passiivisemmin.

Tutkimuksessa tuli esille selviä eroja birminghamilaisten ja ateenalaisten välillä: birminghamilaiset olivat kiinnostuneita siirtämään matkan ajankohtaa, kun taas ateenalaiset osoittivat vähemmän joustavuutta matkan ajoituksen suhteen mutta olivat halukkaampia vaihtamaan henkilöauton bussiin. Todennäköisimpänä syynä tähän pidettiin sitä, että suuremmalla osalla birminghamilaisista oli liukuva työaika.

Bussitietojen kyselyjen todennäköisyys pieneni molemmissa kaupungeissa matkan pituuden kasvaessa. Samoin ne, joilla oli keskustassa ilmainen pysäköintimahdollisuus, kyselivät huomattavasti vähemmän bussivaihtoehtoja.

Tutkittu järjestelmä oli tehty simulointitarkoituksiin ja sen tarjoama tieto oli yksinkertaistettua. Informaation laatua ja ymmärrettävyyttä on varaa parantaa: tutkimuksessa oletettiin, että tarjottu tieto oli täsmälleen oikeata, eikä järjestelmä ottanut huomioon liikenteen häiriötilanteita, bussien rikkoutumisia tai muita odottamattomia tapahtumia. Tietoa voisi tarjota myös paluumatkasta ja kohdealueiden toiminnoista tai pysäköintipaikan varauksesta. Kirjoittajien mukaan kannattaa lisäksi tutkia erilaisten käyttöliittymien ja tiedon maksullisuuden vaikutusta.

4.2.4 Informaation vaikutus reitinvalintaan ruuhkautuneessa liikennejärjestelmässä

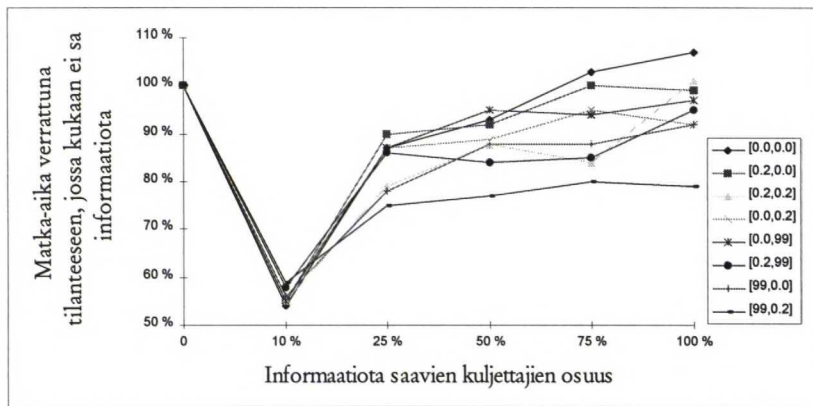
Mahmassani ja Chen (1993) ovat tutkineet ajantasaisen liikenneinformaation vaikutusta reitinvalintaan ruuhkautuneessa liikennejärjestelmässä. Simuloitu kuvitteellinen verkko koostui kolmesta rinnakkaisesta väylästä.

Tutkimuksessa tietty osa kuljettajista (10, 25, 50, 75 tai 100 %) sai ajantasaista tietoa matka-ajoista verkon eri linkeillä joko vain kotiin, vain ajoneuvoon tai molempiin. Informaation vaikutuksia tutkittiin vertaamalla informaation antamisen jälkeen mitattua matka-aikaa aikaan, jonka kuljettaja olisi käyttänyt ilman informaatiota.

Annettu tieto kuvasi vain vallitsevia olosuhteita eikä sisältänyt ennusteita. Ainoastaan ennen matkaa annettun tiedon ongelmana on se, että kuljettajalla ei ole mahdollisuutta korjata reittiään. Jos kuljettaja saa tietoa vain matkan aikana, valinnan mahdollisuuksia on "liikaa", ja pahimmassa tapauksessa jokainen reitinvaihto merkitsee lisää matka-aikaa, koska olosuhteet muuttuvat jatkuvasti. Kun tietoa tarjotaan sekä ennen matkaa että matkan aikana, kuljettaja voi valita yhden reitin ja muuttaa sitä tarvittaessa matkan aikana saatavan tiedon mukaan. Tämäkään ei tosin takaa nopeampaa matkaa.

Mitä suurempi oli tietoa saavien kuljettajien osuus, sitä pienempiä hyötyjä saavutettiin (kuva

18). Suurilla markkinaosuuksilla informaatiota saaneet kuljettajat pärjäsivät jopa huonommin kuin lähtötilanteessa, kun informaatiota ei annettu kenellekään. Käytännössä tilanne poikkeaisi tässä tutkimuksessa simuloidusta kuitenkin siinä suhteessa, että verkkoa tuntevat kuljettajat eivät todennäköisesti noudattaisi huonoina pitämiään ohjeita.



Kuva 18. Matka-aikatiedon vaikutus informaatiota saavien kuljettajien matka-aikaan eri markkinaosuuksilla (Mahmassani ja Chen 1993).

Kirjoittajat varoittavat yleistämisestä saatuja tuloksia, sillä ne perustuvat tietyn verkon simulointiin tietyllä kuormituksella eikä kuljettajien todellista reagoitua tarjottuun tietoon tarkkaan tunneta. Johtopäätöksinä Mahmassani ja Chen (1993) esittävät, että

- ajantasaisen liikenneinformaation luotettavuutta on vaikea mitata tuntematta kuljettajien tarkkaa reagoitua tarjottuun tietoon
- vallitsevia olosuhteita kuvaava tieto ei ole erityisen luotettavaa kuljettajien valintojen pohjana varsinkaan jos suuri osa kuljettajista saa samaa tietoa. Tällainenkin tieto saattaa kuitenkin auttaa tekemään hyviä ratkaisuja ja siten lyhentää matka-aikoja jossain määrin
- tietoa tulee tarjota koordinoitusti (esimerkiksi liikenteen hallintakeskuksesta, joka seuraa koko ajan tilannetta) ainakin jos tiettyä osuutta (kirjoittajien arvio 25 %) suurempi määrä kuljettajista saa tietoa
- kuljettajien käyttäytymisen muuttumista ajan mittaan tulee tutkia lisää.

4.2.5 Informaation vaikutukset toistuvasti ruuhkautuvalla tieverkolla

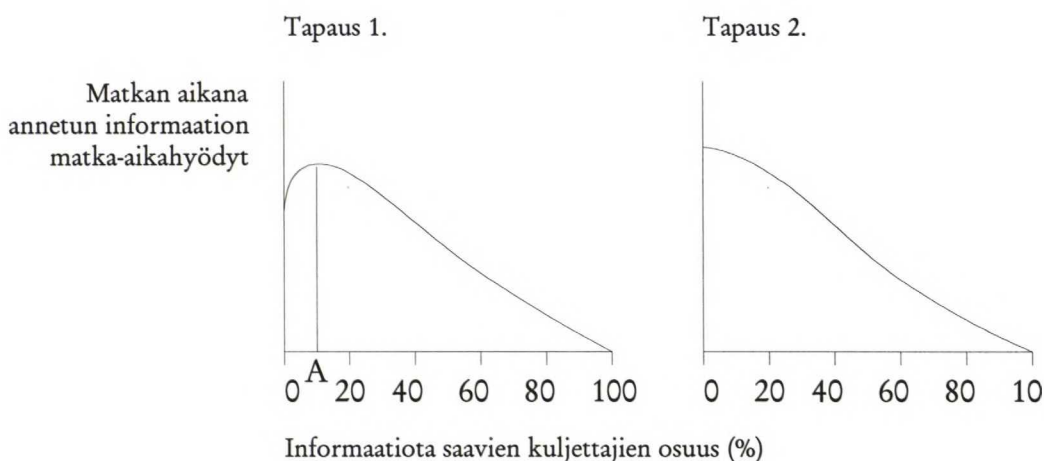
Emmerink (1994) on simuloinut informaation vaikutusta toistuvasti ruuhkautuvan liikenneverkon toimintaan. Informaation vaikutusta häiriötilanteissa ei tutkittu.

Tutkimuksessa simuloitiin ennen matkaa saadun liikenteen historiatiedon ja ajantasaisen matkan aikana saadun tiedon vaikutusta matka-aikaan. Historiatieto on kuljettajan esim. radiosta, televisiosta tai jostakin kotiin liikennetietoa tarjoavasta järjestelmästä saama kuva "edellisen

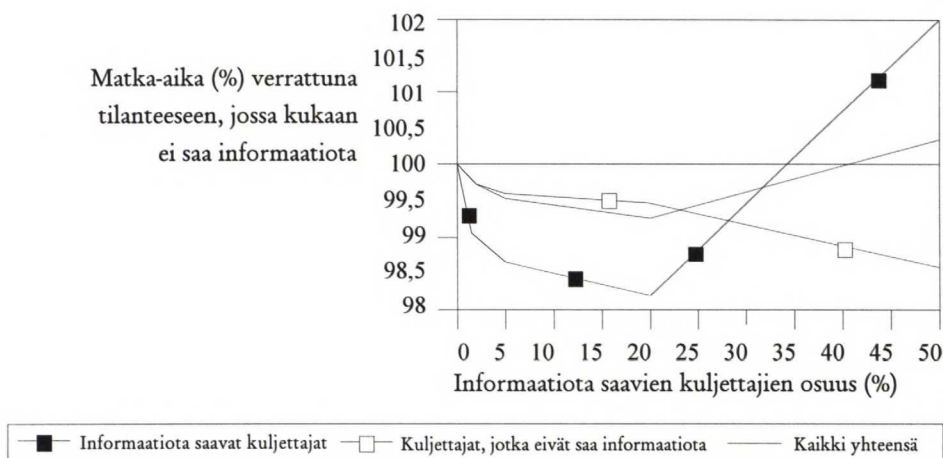
päivän" liikennetilanteesta reiteillä, joita hän ei ole itse ajanut. Ajantasainen tieto puolestaan on parasta verkon nykytilasta saatavissa olevaa tietoa.

Informaatiota saavat kuljettajat hyötyvät **historiatiedosta** verrattuna lähtötilanteeseen niin kauan, kun informaatiota saavien kuljettajien osuus on alle 20 %. Tiedosta on eniten hyötyä silloin, kun verkko ei ole kovin ruuhkautunut ja kun järjestelmällä varustettujen ajoneuvojen osuus on pieni: tällöin informaatiota saaneet kuljettajat saavuttivat jopa 10 % säästöjä matka-ajassa. Kun tietoa saavien kuljettajien osuus nousee yli 20 %:n, ilman informaatiota ajavat kuljettajat suoriutuvat paremmin kuin tietoa saavat. Tämä selittyy ylireagoinnilla: kuljettajien saama tieto on vanhaa, "edellisen päivän tietoa", joka ei vastaa todellista tilannetta, koska liian moni kuljettaja reagoi. Tutkimuksen mukaan myös koko järjestelmän kannalta matkan jälkeen saatavasta informaatiosta on eniten hyötyä silloin, kun tietoa tarjotaan alle 20 %:lle kuljettajista. Optimitaso riippuu kuitenkin tarjottavan tiedon sisällöstä.

Informaatiota saavat kuljettajat hyötyvät merkittävästi **ajantasaisesta matkan aikana saadusta tiedosta** 75 %:n markkinaosuudelle asti, kun verkko on erittäin ruuhkautunut. Tiedon tarjoaminen kaikille kuljettajille tarjoaa hyötyä silloin, kun ruuhka on kohtalainen (kuvat 19 ja 20). Alhaisilla markkinaosuuksilla ja kohtalaisessa ruuhkassa voidaan saavuttaa jopa 15 %:n säästöjä matka-ajassa. Niidenkin kuljettajien, jotka eivät saa tietoa, matka-aika lyhenee 1 - 4 %. Kaiken kaikkiaan informaatio lyhentää matka-aikoja 3 - 5 %, kun tietoa saa 10 - 75 % kuljettajista. Kirjoittajien mukaan ajantasaisen informaation tärkein vaikutus toistuvasti ruuhkautuvalla verkolla näyttää kuitenkin olevan se, että se vakiinnuttaa liikennetilanteen: tiedottaminen johtaa prosessiin, jossa matka-aikojen vaihtelut pienenevät päivästä päivään.



Kuva 19. Matkan aikana saadun tiedon matka-aikahyödyt riippuvat informaatiota saavien kuljettajien määrästä. Markkinaosuudella saattaa olla optimitaso (tapaus 1), jolloin välillä O-A jo laitteiden ostaneet kuljettajat hyötyvät uusista informaation vastaanottajista. Oikeanpuoleisessa tapauksessa jokainen uusi käyttäjä vähentää jo tietoa saavien hyötyä. (Emmerink 1994.)



Kuva 20. Suurin hyöty saavutetaan, kun 20 % kuljettajista saa tietoa (Emmerink 1994).

Tutkimuksen tulokset korostavat ylireagoinnin (overreaction), informaatiota saavien kuljettajien osuuden (market penetration) ja informaation laadun tärkeää suhdetta. Ajantasainen ja täsmällinen tieto ei näytä johtavaan merkittävään ylireagointiin korkeillakaan markkinaosuuksilla, kun taas huonolaatuinen, epätarkka tieto aiheuttaa ylireagointia, vaikka vain suhteellisen pieni osa kuljettajista saa tietoa.

4.2.6 Liikenneinformaation hyödyt liikenteen häiriötilanteissa (USA)

Amerikkalaiset valtateiden ruuhkautumista koskevat tutkimukset osoittavat, että yli 50 % ruuhkista johtuu liikenteen häiriöistä ja on siis satunnaisia (Hall 1992).

Ajoneuvolaitteisiin perustuvan reittiopastuksen vaikutuksia on arvioitu esimerkiksi vuonna 1989 PATHFINDER-projektissa Kaliforniassa. Tutkimuksessa simuloitiin informaation vaikutusta Los Angelesin Santa Monica Highwaylla (Smart Corridor) todellisissa ja häiriöolosuhteissa. Ohjatun liikenteen aikasäästöt todettiin pieniksi silloin, kun kyse oli tavanomaisesta toistuvasta ruuhkasta. Sen sijaan häiriötilanteissa saavutettiin jopa 25 %:n matka-ajan säästöjä. (Al-Deek ja Kanafani 1993.)

Hallin (1992) tutkimuksessa simuloitiin erilaisten häiriötilanteiden hallintajärjestelmien ja kuljettajaninformaation vaikutusta liikenteen sujuvuuteen. Häiriötilanteiden eliminointi johti merkittäviin viipeiden pienenemisiin pienillä liikennemäärillä. Liikenteen häiriöiden täydellinen poistaminen lisäsi tien kapasiteettia 2 - 9 % 2 - 10 km:n pituisella ruuhkaisella tieosuudella. Hall toteaa kuitenkin, että liikenteen 5 %:n vuosikasvu kompensoi saavutetut hyödyt vuodessa tai kahdessa, eikä pidä informaation antamista lisäkapasiteetin rakentamisen tai tienkäyttömaksujen vaihtoehtona silloin, kun väylällä on toistuvaa ruuhkaa. Sen sijaan informaation antaminen on järkevä tapa lyhentää viipeitä silloin, kun toistuva ruuhka ei ole merkittävää.

Al-Deek ja Kanafani (1993) ovat kehittäneet deterministisen jonomallin, jolla tutkittiin ajoneuvopäätteisiin tuodun ajantasaisen liikennetiedon vaikutusta liikenteen sujuvuuteen häiriötilanteissa. Mallia käytettiin kahdesta vaihtoehtoisesta reitistä muodostuvan idealisoidun käytävän liikennetilanteen arvioimiseen ruuhka-ajan ulkopuolella.

Tutkimuksessa ei analysoitu ruuhka-ajan häiriötilanteita. Ruuhka-aikaan myös vaihtoehtoiset reitit ovat yleensä ruuhkautuneita ja koko järjestelmän kannalta ei ole hyödyllistä ohjata näille reiteille lisää liikennettä, koska se lisää niiden aikaviipeitä, jotka alun perin käyttävät reittiä. Kirjoittajat toteavat, että reittiopastuksen suurimmat hyödyt saavutetaan ruuhka-ajan ulkopuolella, koska tarjolla on todennäköisesti ruuhkautumattomia vaihtoehtoisia reittejä. Ruuhka-aikaan tarvitaan ennemminkin liikenteen jakamista ajan kuin paikan suhteen. Tällöin liikennetietoa tarvitaan jo ennen matkaa, jotta voidaan vaikuttaa myös matkojen ajankohtiin ja kulkutapaan.

Al-Deekin ja Kanafanin (1993) tutkimuksen mukaan häiriötilanteiden reittiopastuksen kriittisimmät muuttujat ovat ohjatun liikenteen osuus ja häiriön kesto. Ohjatun liikenteen hyötyjen todettiin vähenevän, kun ohjattujen ajoneuvojen osuus ylittää tietyn kriittisen arvon (vaihtoehtoisen reitin kapasiteetin suhde koko käytävän liikenteen kysyntään). Ohjatut ajoneuvot saavuttavat suuria hyötyjä verrattuna ohjaamattomiin ainoastaan ennen kuin reittien välinen uusi tasapainotila on saavutettu ja myös vaihtoehtoiselle reitille alkaa muodostua jonoja. Ennen kriittisen arvon saavuttamista ohjatun liikenteen hyödyt eivät ole riippuvaisia järjestelmällä varustettujen ajoneuvojen lukumäärästä.

4.2.7 Informaatio yleisötapahtumista johtuvan ruuhkan hallinnassa

Jayakrishnan et al (1993) esittelee DYNASMART (DYnamic Network Assignment Simulation Model for Advanced Road Telematics) -mallilla tehtyä tutkimusta, jossa simuloitiin matkan aikana ajoneuvon sisälle tarjotun tiedon vaikutusta yleisötapahtuman, kuten jalkapalloottelun, aiheuttamaan ruuhkaan. Simuloinnissa käytettiin kalifornialaisen Anaheim Stadionin lähistön liikenneverkkoa.

Tietoa sai 0, 10, 25, 50 tai 75 % kuljettajista. Tietoa saavien kuljettajien osuuden lisääminen kasvatti aina hyötyjä. Taulukossa 14 on esitetty 75 %:n markkinaosuudella saadut hyödyt, jotka ovat tapahtumaan osallistujille jopa 35 % ja muille 10-15 %.

Taulukko 14. Liikenneinformaation hyödyt yleisötaphtuman aiheuttamassa ruuhkassa (Jayakrishnan et al 1993).

Yleisötaphtuma Ajoneuvojen määrä	Ajoneuvoluokka	Matka-ajan säästöt (max) %
5 000	Osallistujat	14,6 - 17,0
	Ei-osallistujat	10,4 - 11,6
10 000	Osallistujat	30,0 - 33,3
	Ei-osallistujat	11,5 - 12,9
15 000	Osallistujat	27,1 - 34,7
	Ei-osallistujat	10,5 - 12,7

4.2.8 Reittiopastuksen ja RDS-TMC:n hyödyt (Seattle, USA)

Transportation Research Board (1991a, taulukot 15 ja 16) on arvioinut reittiopastuksen ja RDS-TMC:n hyötyjä tarkoitusta varten kehitetyllä mallilla. Tutkimuksen mukaan sekä reittiopastus että RDS-TMC ovat edullisia investointeja järjestelmän operaattorille, sillä yksityiset maksavat suuren osan kustannuksista (ajoneuvolaitteet). Reittiopastuksen osalta ajoneuvon varusteiden hinnan arvellaan olevan 80 - 95 % järjestelmän kokonaiskustannuksista. Järjestelmien hyödyt muodostuvat lähinnä liikenteen häiriötilanteiden aiheuttamien viipeiden vähenemisestä, kun autoilijat ohjataan vaihtoehtoisille reiteille. Molempien järjestelmien hyödyt näyttävät olevan suuremmat kuin kustannukset, mutta ne kohdistuvat epätasaisesti: erot eri tieosien välillä ovat merkittäviä ja suurimmat hyödyt saavutetaan ruuhka-ajan ulkopuolella, kun on tarjolla ruuhkautumattomia vaihtoehtoisia reittejä. Yksittäiselle järjestelmän ostavalle autoilijalle edut ovat suurimmillaan silloin, kun varustettujen ajoneuvojen osuus on vielä pieni.

Taulukko 15. Reittiopastuksen hyödyt ja kustannukset Seattlen alueella (TRB 1991a).

♦ Oletettu markkinaosuus	7 %	14 %	25 %
♦ Staattisen opastuksen hyödyt (milj. USD)	39,5	79,0	140,5
♦ Dynaamisen opastuksen hyödyt (milj. USD)	38,4	56,0	67,4
♦ (Vuositaiset käyttökustannukset) (milj. USD)	(2,3)	(1,7)	(1,1)
♦ Vuosittainen nettohyöty (milj. USD)	75,6	133,3	206,8
♦ Ajoneuvolaitteiden kustannukset (milj. USD)	58,9	96,4	133,9
♦ Infrastruktuuri- ja asennuskust. (milj. USD)	12,3	9,2	6,2
♦ Kokonaiskustannukset (milj. USD)	71,2	105,6	140,1

Taulukko 16. RDS-TMC:n hyödyt ja kustannukset Seattlen alueella (TRB 1991a).

• Oletettu markkinaosuus	10 %	20 %	40 %
• Ruuhka-ajan hyöty (milj. USD)	1,6	(1,6)	(6,6)
• Hyöty ei-ruuhka-aik. (milj. USD)	20,4	27,2	33,0
• (Vuosittaiset käyttökustannukset) (milj. USD)	(0,2)	(0,2)	(0,2)
• Vuosittainen nettohyöty (milj. USD)	21,8	25,4	26,2
• Ajoneuvolaitteiden kustannukset (milj. USD)	27,5	45,9	73,4
• Infrastruktuuri- ja asennuskust. (milj. USD)	0,3	0,2	0,1
• Kokonaiskustannukset (milj. USD)	27,8	46,1	73,5

4.2.9 Reittiopastuksen hyödyt (Ontario, Kanada)

Kanadalaiset Van Aerde ja Yagar (Queen's University, Kingston) ovat kehittäneet INTEGRATION-simulointimallin ensi sijassa reittiopastuksen hyötyjen arviointiin.

Van Aerde ja Yagar (1990) käyttivät mallia Ontarion Burlington Skywayn simulointiin ja totesivat seuraavaa:

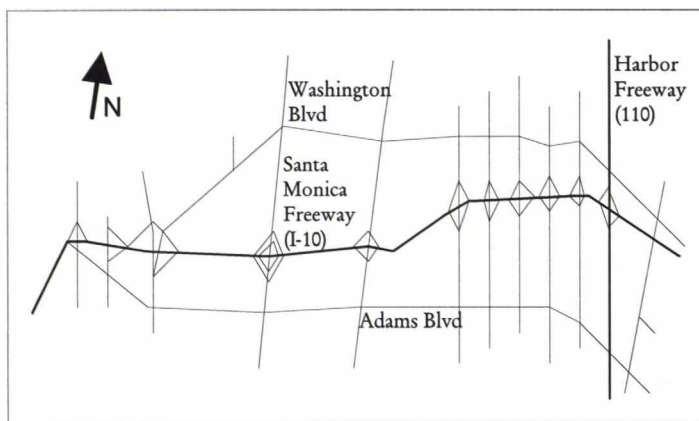
- Kun kaikki kuljettajat optimoivat reittinsä jatkuvan ajantasaisen reittitiedon avulla, koeverkossa säästettiin 4 % matka-aikaa verrattuna perustilanteeseen. Jos alueen liikennevalot lisäksi optimoitiin liikennetilanteen mukaisiksi, matka-aikasäästö nousi 9 %:iin.
- Moottoritiellä häiriötilanteissa (kestot 10, 20 ja 30 min) täydellinen ajantasainen reittiopastus säästi aikaa 11, 24 ja 21 % häiriön kestosta riippuen. Säästöt kasvoivat, jos myös liikennevalot ajoitettiin uudelleen liikennetilanteen mukaisiksi.
- Reittiopastuksen ja liikennevalo-ohjauksen yhdistäminen antaa suuremman hyödyn kuin kumpikaan toimenpide yksin, mutta hyödyt eivät ole kumulatiivisia.
- Hyödyistä saavutetaan normaalitilanteessa suurin osa jo silloin, kun noin 20 % ajoneuvoista saa ajantasaista reittiopastusta. Häiriötilanteessa opastettujen ajoneuvojen osuuden tulee olla selvästi suurempi.
- Kun osa kuljettajista opastetaan systeemioptimin mukaan, saadaan varsin huomattavia hyötyjä jo pienillä systeemioptimin mukaan liikkuvien ajoneuvojen osuuksilla.

4.2.10 Ramppiohjauksen, liikennevalojen optimoinnin ja reittiopastuksen yhdistäminen (Los Angeles, USA)

Gardes et al (1993) simuloi ramppiohjauksen, liikennevalojen optimoinnin ja reittiopastuksen vaikutuksia INTEGRATION-mallilla Los Angelesin Smart Corridorin aamuruuhkassa:

- ramppiohjaus yksin nosti verkon keskinopeutta 1,9 % siten, että matka-aika Santa Monica Freewayllä lyheni ja rinnakkaisilla bulevardeilla piteni

- liikennevalojen optimointi yksin lyhensi koko verkon matka-aikoja 9 %, mutta pidentäi matkaa 4 %
- ramppiohjaus ja liikennevalojen optimointi yhdessä lisäsivät rinnakkaisten bulevardien kuljettua matkaa 11,9 % ja matka-aikaa 11,3 %, sillä osa liikenteestä siirtyi ramppiohjauksen vuoksi pois Santa Monica Freewayltä
- reittiopastuksen tuloksena keskinopeus nousi 3,6 %, kun 25 % autoista oli varustettu reittiopastusjärjestelmällä
- kaikkien kolmen keinon yhteisvaikutus osoittautui parhaaksi. Koko verkon keskinopeus nousi 6,3 %, Santa Monica Freewayn 11,6 %.



Kuva 21. Smart Corridor, Los Angeles (Gardes et al 1993).

Gardes et alin (1993) tutkimuksen mukaan reittiopastus lyhentää matka-aikoja merkittävästi myös tavanomaisessa, toistuvassa ruuhkassa. Häiriötilanteissa hyödyt ovat kuitenkin suurempia: samalla mallilla tehtyjen tutkimusten mukaan matka-aikaa säästyy opastuksen ansiosta 15 - 20 %. Lisäsäästöjä saadaan yhdistämällä reittiopastus ja liikennevalojen optimointi.

4.2.11 Navigointilaitteiden vaikutus turvallisuuteen

Ajoneuvon sisällä olevat navigointilaitteet voivat toisaalta auttaa kuljettajaa tehtävässään, toisaalta aiheuttaa selviä vaaratilanteita.

Walker et al (1992) esittää johtopäätöksiä tekemästään ajosimulaattoritutkimuksesta:

- ajoneuvolaitteiden häiriövaikutus korostuu kuljettajan iän kasvaessa
- erityisesti iäkkäät kuljettajat kommentoivat, että moni laite antoi liikaa tietoa
- monimutkaiset näköhavaintoon perustuvat laitteet vaikuttavat negatiiviset turvallisuuteen, sillä mm. kuljettajan reaktioaika pitenee
- kuuloon perustuvien laitteiden varustettujen ajoneuvojen kuljettajat eivät joutuneet alentamaan nopeuttaan kuten näköhavaintoon perustuvilla laitteilla varustettujen autojen kuljettajat. He tekivät myös vähemmän navigointivirheitä ja
- mitä monimutkaisempi laite, sitä enemmän kuljettaja joutui hidastamaan nopeutta.

Walker et al (1992) mainitsee myös aikaisemman tutkimuksen, jossa arvioitiin, että 12 % autopuhelimen käyttäjistä ajautuu ulos kaistalta puhelinta käyttäessään.

Carsten (1993) puolestaan kuvaa kahdella kuljettajaryhmällä tehdyssä tutkimuksessa esille tulleita ajoneuvolaitteiden ongelmia. Toinen ryhmä koostui 25 - 40 -vuotiaista ja toinen yli 60-vuotiaista. Ryhmien välillä ei ollut juurikaan eroa "tavallisessa" ajossa, mutta kun ajoneuvon lisättiin telematiikkalaitte, vanhemmalla kuljettajaryhmällä oli selvästi enemmän vaikeuksia kaistallapysymisessä.

Carsten (1993) toteaaakin, että hyvä käyttöliittymä on helppokäyttöinen ja helppo oppia. Viestien pitää olla ymmärrettäviä ja olennaista asiaa. Uutta tietoa ei saa tulla jatkuvasti.

4.2.12 Automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö (Saksa)

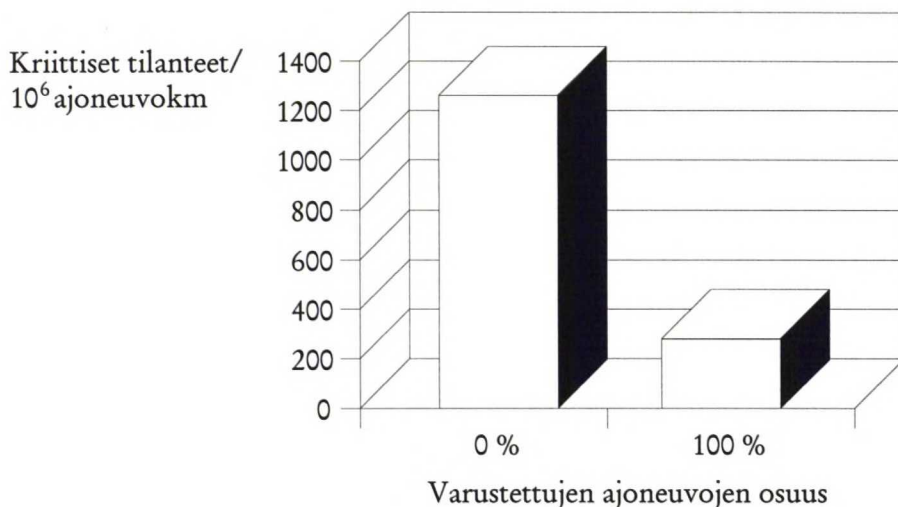
Prometheus-ohjelmaan liittyen Benz (1994) on tehnyt tutkimusta automaattisen nopeuden ja ajoneuvovälin säädön (intelligent cruise control) vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ja järjestelmän vaikutuksesta kapasiteettiin.

Varhaisimmat järjestelmät olivat neuvovia järjestelmiä, jotka kertoivat kuljettajalle ajoneuvon etäisyyden ja suhteellisen nopeuden edeltävään ajoneuvoon. Vastuu toimenpiteistä jätettiin kuljettajalle, mistä johtuen Benz (1994) arvelee, että tällaisen järjestelmän vaikutukset liikenneturvallisuuteen jäävät varsin pieniksi.

Myöhemmässä vaiheessa mukaan tullut ominaisuus on automaattinen välimatkan säätö. Järjestelmä saattaa puuttua tilanteeseen jarruttamalla tarvittaessa.

Prometheus-ohjelmassa on simuloitu molempia edellä mainittuja järjestelmiä:

- järjestelmillä ei havaittu olevan vaikutusta matka-aikoihin, eikä niillä siten pitäisi myöskään olla haitallista vaikutusta tien kapasiteettiin
- liian lyhyiden ajoneuvovälien määrä väheni merkittävästi kummallakin tutkitulla järjestelmällä
- kriittiset tilanteet määriteltiin asettamalla onnettomuuden välttämiseksi tarvittava hidastuvuus -5 m/s^2 :ssa. Kun 100 % ajoneuvoista oli varustettu nopeuden ja välimatkan säädöllä, kriittiset tilanteet vähenivät 80 % verrattuna nykyhetkeen (kuva 22).



Kuva 22. Kriittisten tilanteiden väheneminen automaattisen nopeuden ja ajoneuvovälin säädön ansiosta (Benz 1994).

Benz (1994) odottaakin, että automaattisella nopeuden ja ajoneuvovälin säädöllä voidaan parantaa liikenneturvallisuutta huomattavasti vähentämättä tien kapasiteettia. Kirjoittaja muistuttaa kuitenkin, että muut vaikutukset, kuten kuljettajan tarkkaavaisuuden väheneminen järjestelmän käytön myötä, saadaan selville vain pitkäkestoisissa tutkimuksissa.

4.2.13 "Automaattinen tie" (USA)

General Motors (U.S General Accounting Office 1991) toteutti vuonna 1982 simulointitutkimuksen, jossa selvitettiin automaattisen tien toimintaa kolmella eri ajoneuvojen keskinopeudella (40, 50 ja 55 mph). Tuloksena saavutettiin 27 - 103 %:n tien kapasiteetin lisäys.

4.2.14 Liikenteen telematiikan vaikutukset kaupunkiliikenteen päästöihin (Southampton, Englanti ja Köln, Saksa)

Southamptonissa ja Kölnissä osana DRIVE II:n SCOPE -projektia toteutettavat järjestelmät tarjoavat matkan suunnittelussa ja toteuttamisessa avustavaa tietoa sekä ennen matkaa että matkan aikana. Välineitä ovat radio (RDS-TMC ja paikallisradiot), teksti-tv, kaapelitelevisio, sanomalehdet, muuttuvat opasteet (reittiopastus, pysäköinnin opastus, liikenteen ohjaus hätätilanteissa) ja matkustajaninformaatio (joukkoliikennevälineessä ja terminaaleissa, ennen matkaa ja matkan aikana).

Käyttöön otettavat tekniikat vaikuttavat kulkumuotojakaumaan ja liikenteen sujumiseen. Yksityisauton käyttöä pyritään vähentämään joukkoliikenteen informaatiojärjestelmillä, joukkoliikenteen etuuksilla, bussien ajantasaisella paikannuksella, liikennerajoituksilla sekä autoilijoiden ohjaamisella liityntäpysäköintialueille. Kulkumuodon vaihtaminen ja henkilöauton yhteiskäytön lisääntyminen johtaisi liikennemäärän vähenemiseen verkolla etenkin

ruuhka-aikaan. Ajantasainen kaupunkiliikenteen valo-ohjausjärjestelmä ja pysäköinnin opastus voivat puolestaan vähentää pysähdyksiä ja viipeitä ja siten sujuvoittaa liikennettä.

Southamptonin ja Kölnin informaatiojärjestelmien vaikutuksia päästöjen vähenemiseen tutkitaan UROPOL (Urban Road Pollution) -ilmansaastumismallilla, joka on suunniteltu erityisesti kaupunkiliikenteen päästöjen ennustamiseen. Mallitettavat saasteet ovat hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit ja lyijy. (Taylor ja McQueen 1994.)

4.3 Kenttäkokeita

4.3.1 Ajantasainen reittiopastus - käyttäjien odotukset (Lontoo, Pariisi, München)

DRIVE I -projektissa Car-Goes (Integration of Dynamic Route Guidance and Traffic Control) tutkittiin muuttuvan reittiopastuksen liittämistä perinteisiin kaupunkiliikenteen ohjausjärjestelmiin. Lontoossa, Pariisissa ja Münchenissa tehdyllä kyselyllä kartoitettiin, mitä kuljettajat odottavat reittiopastukselta ja miten he sitä oman ilmoituksensa mukaan hyödyntävät. (Bonsall ja Parry 1990):

- Useimmat vastaajat totesivat liikkuvansa tuttuja reittejä tuttuihin paikkoihin. Noin 7 % vastaajista ilmoitti yli neljänneksen matkoistaan suuntautuvan määräpaikkoihin, joissa he eivät olleet aikaisemmin käyneet.
- Tärkein yksittäinen reitinvalintakriteeri oli ajansäästö, paitsi vapaa-ajan matkoilla, joilla ruuhkien välttäminen oli tärkein kriteeri. Työhön liittyvillä matkoilla ajansäästön kanssa lähes yhtä tärkeää oli varmuus perilletuloajasta.
- Kysyttäessä perinteisen reittiopastusjärjestelmän käyttökelpoisuutta vastaajat arvioivat sen hyväksi matkoilla alueille, joilla he eivät ole ennen käyneet. Päivittäisillä matkoilla tuttuihin kohteisiin järjestelmästä ei arvioitu olevan kovin paljon hyötyä. (Perinteistä järjestelmää ei täsmällisesti määritellä tekstissä, mutta kyse lienee pääkohteet kertovasta reittitiedosta ilman liikennetilannetietoja).
- Seuraavaksi kysyttiin, millaisia ominaisuuksia kehittyneemmän reittiopastusjärjestelmän tulisi sisältää. Selvästi suosituin ominaisuus oli ajantasainen liikennetilannetieto. Myös opastusta, joka vie määräpaikkaan asti eikä vain lähialueille, pidettiin tärkeänä erityisesti silloin, kun kohde oli tuntematon.
- Kaupunkien välistä opastusta ei pidetty kovin tarpeellisena, mutta opastus kaupunkien sisällä katsottiin hyödylliseksi. Kun vastaajilta kysyttiin, tulisiko reitti valita minimiajan, minimimatkan vai näiden yhdistelmän perusteella, minimiaika sekä matkan ja ajan kombinointi olivat suunnilleen yhtä suosittuja. Yleisesti vastaajat arvioivat säästävänsä parannetun järjestelmän avulla 15 % matka-aikaa.
- Kun vastaajia pyydettiin valitsemaan tarkkaa reittiopastusta (ilman liikennetietoa) ja tarkkaa liikennetietoa (ilman ajo-ohjetta) antavan järjestelmän välillä, vastaajat suosivat yleensä liikennetilannetietoa ilman opastusta. Tutussa ympäristössä 80 %

vastaajista suosi liikennetietojärjestelmää, oudoilla alueilla 70 % vastaajista suosi tarkkaa opastusta antavaa järjestelmää.

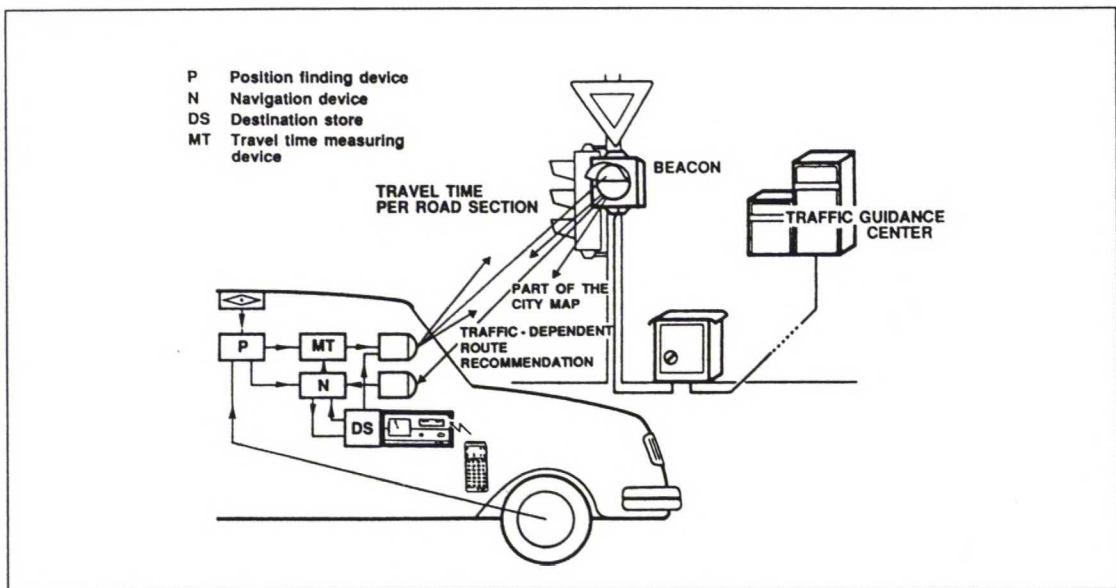
- Paljon ajavat kuljettajat arvioivat järjestelmät hyödyllisemmiksi kuin vähän liikkuvat. Kuljettajat eivät myöskään uskoneet järjestelmän kykyyn valita parempi reitti kuin he itse valitsevat, jos kyse on tutusta ympäristöstä.

Tutkimuksen tuloksen perusteella kirjoittajat arvioivat, että reittiopastusjärjestelmien mahdollisuus aikaansaada verkon kannalta optimaalinen reitinvalinta on sängen rajoitettu. Parempi opastus voi johtaa tehokkaampaan kapasiteetin hyväksikäyttöön ja siten lyhentää ruuhkia, mutta matka-aikasäästöjä ei välttämättä saavuteta.

4.3.2 LISB (Berliini)

Berliinissä toteutettiin vuosina 1988 - 1990 LISB (Leit- und Informationssystem Berlin)- ohjaus- ja tiedotusjärjestelmän kenttäkoe (OECD 1992b).

LISB on yksilöllinen ajantasainen moottoriajoneuvoliikenteen reittiopastusjärjestelmä (kuva 23). Keskustietokone laskee nopeimmat reitit minkä hyvänsä ilmoitetun lähtö- ja määräpaikan välille kaupunkialueella muutaman minuutin välein ja välittää tiedon erityisillä infrapuna-majakoilla varustettuihin liikennevaloliittymiin. Majakan ohittavat ajoneuvot ilmoittautuvat keskustietokoneelle ja antavat samalla tietoa omista matka-ajoistaan. Keskustietokone ilmoittaa nopeimmat reitit seuraaville majakoille ja edelleen ajoneuvon sille ilmoittamaan määräpaikkaan. Ajajan tehtävää helpotetaan risteyskohtaisella opastuksella kojelaudassa oleva näytön avulla. Tämän lisäksi autossa on matkamittari ja kompassi, joiden avulla auton sijaintia majakoiden välillä seurataan. (Hoffman ja Janko 1990.)



Kuva 23. LISB-järjestelmä (Sparman 1991).

Annettava reittisuositus perustuu ennusteeseen. Ennuste perustuu pitkäaikaisiin matka-aika-keskiarvoihin, joita korjataan kyseisen päivän havaintojen perusteella. Ennustejaksona on 60 min ja uusi ennuste lasketaan viiden minuutin välein. (Hoffman ja Janko 1990.)

LISB-kokeeseen osallistui 650 testiautoa (OECD 1992b). LISB-autojen vähäisyyden vuoksi reittejä ei voitu optimoida autojen tietoon perustuen, vaan matka-ajoista hankittiin lisätietoa induktiosilmukoista ja kaupungin moottoriteiden ohjausjärjestelmästä. Hoffman ja Janko (1990) toteavat, että testiautojen määrä oli niin pieni, että liikenneturvallisuusvaikutuksia ei voitu arvioida. Järjestelmä saattaa vähentää tuntemattomalla alueella ajavien stressiä, jolloin sillä voi olla positiivisia liikenneturvallisuusvaikutuksiaakin. Myöskään ympäristövaikutuksia ei arvioitu. Järjestelmä ohjaa liikenteen pääväylille, minkä toivotaan vähentävän liikenteen melua ja päästöjä asuntoalueilla.

LISBiä on tutkittu myös 147 ajoparin tutkimuksella. Samasta lähtöpaikasta samaan määräpaikkaan ajaneista kuljettajista toinen sai reittiopastusta, toinen ei. May et alin (1992) mukaan

- opastus auttaa verkkoa tuntemattoman ajan kelvolliselle reitille
- opastetut kuljettajat olivat nopeampia hiukan yli 50 %:ssa tapauksista, mutta matka-ajan säästöt olivat käytännössä olemattomia. Ruuhka-ajan ulkopuolella opastus säästi matka-aikaa keskimäärin 4 %, ruuhkassa 3 %
- tärkein tuloksia selittävä tekijä on verkon tuntemuksen ja opastuksen yhdistelmä. Pitkään opastusta saaneet säästivät 6 % verrattuna verkkoa tuntemattomiin, ei-ohjattuihin autoilijoihin. Toisaalta pitkään opastusta saaneet verkon tuntijat (tässä ko-keessa ilman ohjausta) säästivät 10 % verrattuna opastusta saaneisiin, verkkoa tuntemattomiin autoilijoihin
- tulokseksi saadut matka-ajat vaihtelivat huomattavasti päivittäin, hajonta oli jopa 40 %. Reittiopastuksella saatavat aikasäästöt uhkaavat jäädä niin pieniksi, että niitä ei käytännössä juuri voi havaita.

Sparmanin (1991) mukaan LISBin tyyppiseltä ajantasaiselta reittiopastusjärjestelmältä voidaan tulevaisuudessa odottaa hyvää hyöty-kustannussuhdetta. Yhdistämällä reittiopastus muihin liikenteen hallintajärjestelmiin liikenteeseen voidaan vaikuttaa vielä tehokkaammin.

4.3.3 AUTOGUIDE (Lontoo)

Autoguide on Lontoossa toteutettu reittiopastusjärjestelmä. AUTOGUIDE perustuu LISBin tavoin ajoneuvolaitteisiin ja infrapunamajakoihin.

AUTOGUIDEN vaikutuksia on tutkittu usealla koejaksolla 12:lla testiautolla vuosien 1989 ja 1991 välisenä aikana. OECD (1992b) luettelee seuraavia AUTOGUIDEN vaikutuksia:

- liikenneturvallisuus: 70 eri kuljettajaa testasi laitteen ajamalla 60 km:n matkan

TRB:n (Transport Research Laboratory) laboratoriosta Lontoon keskustaan. Useimmat kuljettajat onnistuivat järjestelmän käytössä ja se sai hyvän vastaanoton

- liikenteen sujuvuus: kiinteä reittiopastus johti 3 - 4 % matka-ajan säästöihin, muuttuva noin 7 %:n
- ympäristö: ympäristövaikutuksia ei arvioitu, mutta ruuhkien vähenemisen arvioidaan vähentävän myös ympäristöhaittoja.

4.3.4 Muuttuvat opasteet - DRIVEN VAMOS ja EAVES-projektit

Ajoneuvon sisälle tuodun informaation lisäksi kuljettajien opastamiseen käytetään yleisesti muuttuvia opasteita.

Muuttuvilla opasteilla toteutettavien järjestelmien keskeisiä kysymyksiä ovat Brownin (1992) mukaan

- reittivalintojen parantuminen yleensä
- reittivalintojen parantuminen ruuhkatilanteessa
- reittivalintojen parantuminen tietöiden aikana
- onnettomuuskustannusten väheneminen
- vaikutukset ympäristöön.

Brown (1992) tiivistää DRIVE I:n VAMOS-projektissa saatuja kokemuksia. Hänen mukaansa muuttuvilla opasteilla on mahdollista vähentää merkittävästi "liikenneverkon stressiä", mutta toisaalta tämä edellyttää, että järjestelmät suunnitellaan hyvin ja arvioidaan perusteellisesti.

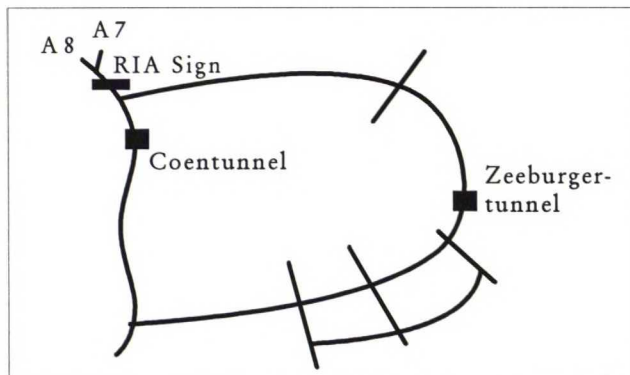
Brownin (1992) mukaan normaaliolosuhteissa 2 - 6 % ajosuoritteesta on tarpeetonta ajamista, joka johtuu suurimmaksi osaksi huonoista reitinvalinnoista. Muuttuvilla opasteilla tarjottavalla informaatiolla on mahdollista tehostaa reitinvalintaa, mutta tulokseen vaikuttavat paljon esimerkiksi yksittäisten merkkien sijaintipaikat. Tarpeettoman ajamisen ja jonojen muodostumisen vähenemisellä samoin kuin vaaratilanteista varoittamisella pitäisi olla positiivisia liikenneturvallisuusvaikutuksia, mutta näitä on vaikea määrittää. Päästöjen väheneminen johtuu suurimmaksi osaksi jonojen muodostumisen vähenemisestä. Liikennettä voidaan myös opastaa ympäristön kannalta vähemmän herkille alueille.

EAVES (Evaluation and Assessment of Variable European Sign Systems) on DRIVE II -projekti, joka tutkii muuttuvien opasteiden käyttöä ja vaikutuksia eri puolilla Eurooppaa. Hollannissa, Italiassa ja Ranskassa sijaitsevilta koealueilta saadut ensimmäiset tulokset viittaavat positiivisiin liikenneturvallisuusvaikutuksiin.

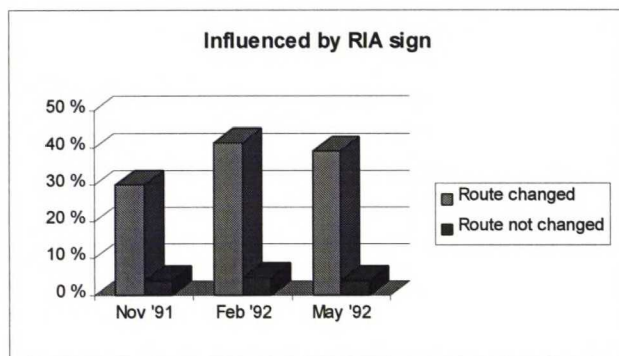
Pohjois-Italiassa, Padovan ja Mestren välisellä 10 kilometrin moottoritieosuudella on käytössä muuttuva nopeus- ja kaistaohjaus. Yhdeksän kuukauden koeaikana tieosuudella tapahtui 35 onnettomuutta, mikä on noin 30 % aikaisempaa vähemmän. (The Intelligent Highway,

February 4, 1994.)

Hollannissa on toteutettu A10-moottoritien jonovaroitus- ja reittiopastusjärjestelmä RIA (Route Information Amsterdam, kuva 24). Merkkien ollessa käytössä 4 - 7 % kaikista ajoneuvoista muuttaa reittiään suosituksen mukaan (kuva 25). Niistä ajoneuvoista, joiden on mahdollista muuttaa reittiään, osuus on kuitenkin 30 - 40 %. (The Intelligent Highway, February 4, 1994; Commission of the European Communities 1994b.)

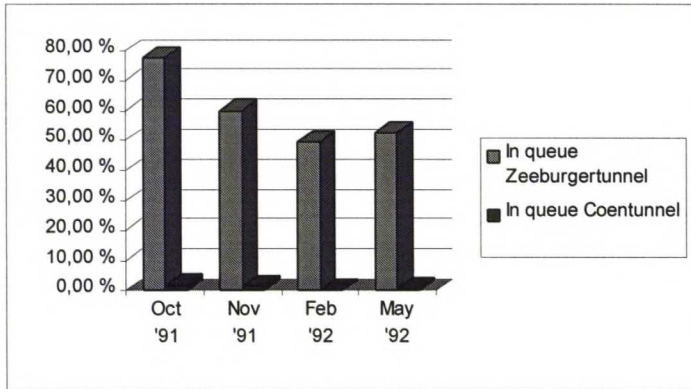


Kuva 24. Amsterdamin RIA-koealue (Commission of the European Communities 1994b).

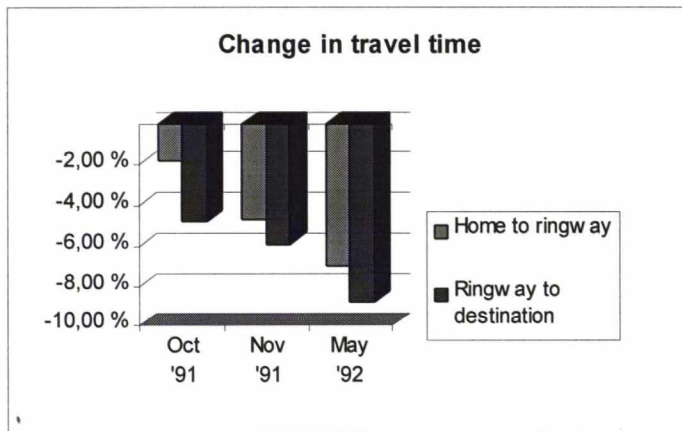


Kuva 25. Reittiä muuttaneiden osuus Amsterdamissa (Commission of the European Communities 1994b).

Hollannin järjestelmällä todettiin positiivisia vaikutuksia ruuhkautumiseen ja matka-aikaan. Koealueen kahden tunnelin ruuhkautuneisuus väheni ja tasoittui ajan mittaan (kuva 26). Myös matka-ajat lyhenivät koeaikana 8 % (kuva 27). (Commission of the European Communities 1994b.)



Kuva 26. Jonossa vietettyjen matkojen osuus kaikista matkoista (Commission of the European Communities 1994b).



Kuva 27. RIAN vaikutus matka-aikoihin (Commission of the European Communities 1994b).

4.3.5 FAST-TRAC (Michigan, USA)

FAST-TRAC (Faster and Safer Travel through Traffic Routing and Advanced Controls) on Ann Arborissa Michiganissa toteutettava kenttäkoe, jossa yhdistetään dynaaminen reittiopastus (ALI-SCOUT) liikennevalojen ajantasaiseen ohjaukseen (SCATS: Sydney Coordinated Adaptive Traffic System). ALI-SCOUT -reittiopastus on sama kuin Berliinin LISBissä käytetty. SCATS mukauttaa liikennevalojen toimintaa vallitseviin liikenneolosuhteisiin ja siten vähentää pysähdyksiä ja viipeitä. Lisäksi Autoscope-videoseurannalla korvataan perinteisiä silmukka-antureita. Seuranta tuottaa tietoa ajoneuvon läsnäolosta, liikennemäärästä ja matkustajamäärästä. Tavoitteena on selvittää, saavutetaanko eri järjestelmät yhdistämällä synergisiä vaikutuksia. (Underwood 1994.)

FAST-TRAC-kokonaisjärjestelmälle on asetettu seuraavia tavoitteita:

- parantaa sekä ALI-SCOUTin että SCATSin kykyä ennustaa liikennetilannetta, täydentää niiden toimintaa muista lähteistä saatavalla tiedolla ja tarjota parempia reittejä ja paremmin liikennetilanteen mukainen valo-ohjaus

- välittää liikennetietoa suurelle joukolle käyttäjiä kohtuuhintaan.

Arvioinnissa tutkitaan FAST-TRACin soveltuvuutta käyttäjien vaatimuksiin ja sen vaikutuksia liikenteeseen, liikenneturvallisuuteen, päästöihin ja polttoaineen kulutukseen. Arviointi koostuu neljästä osasta (kuva 28):

1. ALI-SCOUTin arviointi:

- Käyttäjien mielipiteet (saavutetut hyödyt, maksuhalukkuus) selvitetään antamalla reittiopastuslaitteet käyttöön noin vuodeksi.
- Laitteen käyttöä ja käyttäytymisvaikutuksia tutkitaan laboratoriossa ja kenttä-tutkimuksella.
- Tekniikan toimivuutta ja järjestelmän kustannuksia arvioidaan eri laitemäärillä.

2. SCATSin arviointi:

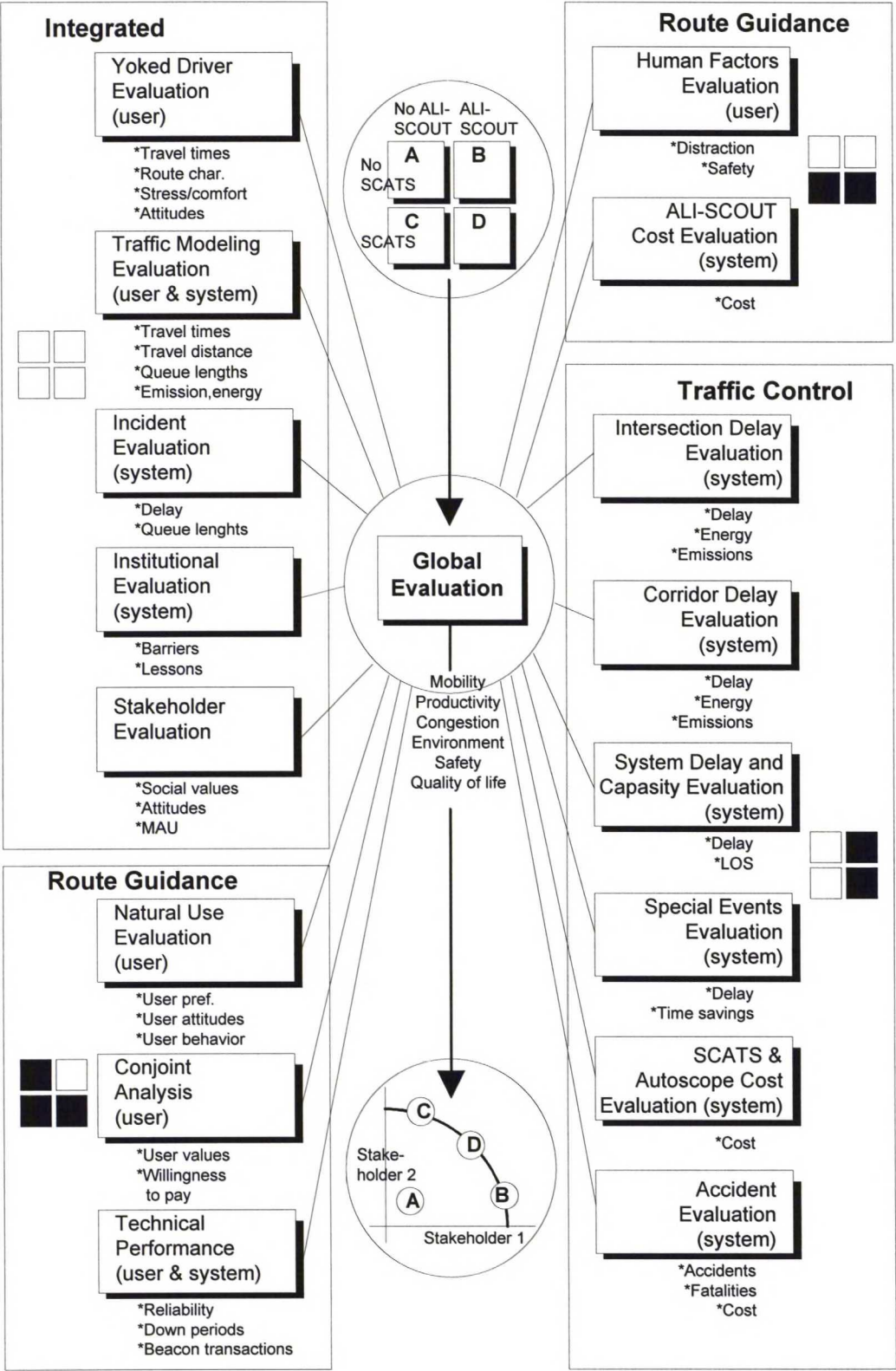
- Mitataan liikennevaloista lähtevien ajoneuvojen viipeet, jonopituudet liittymissä ja ajoneuvojen (todellisten ja testiautojen) käyttämä aika tietyillä reiteillä.
- Liikennevalojen optimoinnin vaikutus koko verkon viipeisiin ja kapasiteettiin selvitetään laskennallisesti.
- Tutkitaan järjestelmän toimivuutta suurten urheilutapahtumien aikaan ja aikataulutetuissa häiriötilanteissa (esimerkiksi tien kunnossapitotoimenpiteiden seurauksena).
- SCATS-ohjattujen reittien onnettomuuslukuja verrataan sopiviin reitteihin ja liittymiin, joiden liikennevaloja ei ohjata SCATSilla. SCATSin odotetaan vähentävän etenkin peräänajoja.
- Arvioidaan SCATSin kokonaiskustannukset.

3. Integroidun järjestelmän arviointi:

- Ajopari, joista toinen ajoneuvo on varustettu ALI-SCOUTilla, toinen ei, ajaa samasta lähtöpisteestä samaan kohteeseen majakoilla ja SCATSilla varustetulla verkon osalla. Liikennevalojen ohjaus katkaistaan osaksi koeaikaa, jotta voidaan vertailla SCATSin ja ALI-SCOUTin yhteisvaikutuksia.
- Järjestelmätason vaikutuksia arvioidaan liikenneverkkosimuloinnilla, jossa ALI-SCOUTilla varustettujen ajoneuvojen osuutta voidaan vaihdella.

4. Ei-tekniset kysymykset:

- Selvitetään järjestelmien ei-teknisiä reunaehtoja: organisaatiot, lait, rahoitus, sidosryhmät.



Kuva 28. FAST-TRAC -hankeen arviointi (Underwood 1994).

Fast-Trac -järjestelmän arviointimenetelmät on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. FAST-TRAC -hankkeen arviointimenetelmät (Underwood 1994).

		ALI-SCOUT -ajoneuvojen lukumäärä			
		0	15 - 60	1 000	Kaikki
Ei SCATSia	Järjestelmä	♦ mallittaminen ♦ liikenne	♦ mallittaminen	♦ mallittaminen	♦ mallittaminen ♦ liikenne
	Käyttäjä	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat
SCATS	Järjestelmä	♦ mallittaminen ♦ liikenne	♦ mallittaminen	♦ mallittaminen	♦ mallittaminen ♦ liikenne
	Käyttäjä	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat	♦ mallittaminen ♦ ohjaamattomat käyttäjät ♦ ohjatut kuljettajat

4.3.6 AMTICS (Osaka, Japani)

AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information and Communication System) tarjoaa varoituksia, reittiopastusta, pysäköinnin ohjausta ja matkailutietoa. Autoissa on digitaalinen tietokanta CD-ROMilla ja näyttö sekä suunnan ja etäisyyden anturit. Huhtikuusta syyskuuhun 1990 toteutetussa seurantatutkimuksessa havaittiin seuraavaa (OECD 1992b):

- liikenneturvallisuus: ei havaittu kuljettajien liikakuormittumista. Käyttäjät kommentoivat kuitenkin näytön liian pientä kokoa ja viestien muotoilua. Ajoneuvopäätteen toimintoja voisi haastateltujen mukaan yksinkertaistaa ja viestit välittää kuljettajalle puhesyntetisaattorilla
- liikenteen sujuvuus: järjestelmällä varustettujen ajoneuvojen matka-aika oli 7 % lyhyempi kuin varustamattomien autojen. 75 % vastaajista piti AMTICSia tehokkaana keinona lyhentää matka-aikaa, 86 % piti tietoa kuljettajan ärtymystä vähentävänä tekijänä.

AMTICSin yhteiskuntataloudelliset hyödyt arvioitiin 34,4 miljardiksi jeniksi vuodessa. Polttoaineen kulutuksen vähenemisestä aiheutuvat säästöt olisivat 1,4 miljardia jeniä. Toisaalta markkinatutkimuksessa todettiin, että vain 20 % autoilijoista olisi halukas ostamaan yli 300 000 jeniä (15 000 FIM) maksavan laitteen, 200 000 jenillä (10 000 FIM) laitteen ostaisi 70 % autoilijoista.

4.4 Toteutettuja järjestelmiä

4.4.1 Nopeusnäyttötaulun vaikutukset liikenteen nopeuksiin (vt 4, Suomi)

Tielaitos (1994b) on tutkinut Lahden moottoriliikennetiellä liikennetutkan käyttöön perustuvan siirrettävän nopeusnäyttötaulun vaikutuksia autojen nopeuksiin elokuussa 1993. Tiedot kerättiin automaattisin laskentalaittein useasta tienkohdasta ennen nopeusnäytön asettamista, sen toiminnassaoloaikana ja sen jälkeen, kun näyttö oli viety pois. Vertailuaineisto haettiin Porin pohjoispuolella liikenteen automaattisen mittausaseman kohdalla sijaitsevalta kiinteältä nopeusnäyttöpisteeltä.

Tutkimuksen mukaan nopeusnäytöllä ei ollut vaikutusta autojen nopeuksiin muualla kuin taulun kohdalla. Taulun kohdalla kaikkien autojen keskinopeudet laskivat noin 4,5 km/h, mutta ainoastaan niinä päivinä, jolloin näyttö oli toiminnassa. Nopeuksien keskihajontoihin nopeusnäytöllä ei ollut vaikutusta. Vertailupisteeltä saadut tiedot osoittivat, että pitkällä aikavälillä näytöllä ei ollut vaikutuksia nopeustasoihin. Onkin luultavaa, että nopeuksien aleneminen Lahden moottoriliikennetien nopeusnäytön kohdalla johtui paljolti itse mittaustapah-
tuman aiheuttamasta käyttäytymisen muutoksesta.

Perjantai-iltapäivänä menoliikenteen aiheuttaman ruuhkahuipun aikana voitiin todeta nopeusnäytön vaikuttavan häiritsevästi liikennevirtaan. Nopeuttaan taulusta katsovat autoilijat aiheuttavat kaasujalkaansa nostaessaan liikenteeseen haitari-ilmion, joka häiritsee liikennevirran etenemistä. On luultavaa, että autoilijoiden tottuessa laitteeseen sen häiritsevä vaikutus vähenee, mutta siitä huolimatta nopeusnäyttötaulua ei tulisi käyttää helposti ruuhkautuvilla tieosuuksilla.

Nopeusnäyttöä voidaan käyttää liikenteen palvelemiseen antamalla autoilijoille tietoja todellisista ajonopeuksista. Liikenteen nopeuksien säätelyyn laite ei tutkimuksen mukaan sovellu, koska sen vaikutukset nopeustasoihin ovat pistekohtaisia ja ohimeneviä.

Nopeusnäyttötaulun mittaustavassa, nopeuden näyttämisessä ja teknisissä ominaisuuksissa todettiin olevan kehittämisen varaa. Laitteita kehitettäessä olisi pyrittävä rakentamaan selkeä, myös päiväsaikaan hyvin erottuva näyttö sekä huolehtimaan siitä, että tienkäyttäjä pystyy lukemaan nopeusnäytöstä oman ajonopeutensa riittävän luotettavasti myös vilkkaan liikenteen aikana.

4.4.2 M25-moottoritien sumuvaroitussjärjestelmä (Lontoo)

Lontoon M25-kehämoottoritielle asennettiin vuonna 1990 sumuilmaisimet 54:lle valitulle kohdalle. Ilmaisimilta tuleva tieto kytkee automaattisesti päälle ja pois 0,8 ...2,2 km:n päässä ilmaisimista sijaitsevat matriisimerkit, joissa esitetään teksti FOG (sumu) kun näkyvyys on alle 250 metriä. Alle 100 metrin näkyvyydellä päälle kytkeytyvät myös lisämerkit, jotka

sijaitsevat kauempana ilmaisimista (1,8...3,8 km).

Transport Research Laboratory (1993) arvioi sumuvaroitussjärjestelmän vaikutusta ajoneuvojen nopeuksiin 6:n merkkiparin kohdalla. Merkeillä todettiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus nopeuksiin. Ajoneuvojen keskinopeus laski 1,8 mph, kun merkit kytkettiin päälle. Nopeuden aleneminen oli suurinta 2. ja 3:lla kaistalla. Nopeimmin ajanut 15 % autoilijoista hidasti nopeuttaan 0,5 mph enemmän kuin muut. Kun merkit kytkettiin pois päältä, keskinopeus nousi.

Vaikka keskinopeuden aleneminen ei ole kovin suurta, se osoittaa, että kuljettajat ovat huomanneet sumun mahdollisuuden ja ovat varuillaan. TRL (1993) toteaa, että tarkkaavaiset kuljettajat kykenevät reagoimaan nopeammin vaaratilanteessa. Lisäksi on todettu, että pienikin keskinopeuden aleneminen vaikuttaa positiivisesti liikenneturvallisuuteen. Kulmalan (1994) mukaan 3 km/h alenema keskinopeudessa vähentää onnettomuuksia noin 10 %:lla.

4.4.3 Saksalaisia kokemuksia

Lentz (1993) raportoi erilaisia Saksassa 1970-luvulta alkaen toteutettuja järjestelmiä:

Radion liikenneinformaatio

Kyselyiden mukaan 85 % pitää radion liikennetiedotteita hyödyllisinä, 2/3 erittäin tehokkaina. Yli puolet sanoo noudattavansa reittisuosituksia usein. Tosin 31 % oli ajanut harhaan, koska opastus oli puutteellista. Tiedon kulku on kuitenkin hidasta: ilmoitus onnettomuudesta radioon saattaa kulkea 30 minuuttia.

Jonovaroitusjärjestelmä (Aichelberg)

Järjestelmä perustuu muuttuvaan opasteeseen, jossa näytetään nopeussuositus 100, 80 tai 60 tai teksti STAU (ruuhka). Tavoitteena on parantaa liikenneturvallisuutta jonon alkaessa muodostua.

100 km/h ja 80 km/h nopeussuositukset alensivat jonkin verran keskinopeutta, ja varsinkin maksiminopeudet alenivat. Nopeuksien hajonta pieneni, millä oli myönteinen vaikutus liikennevirtaan.

Liikenteen ohjausjärjestelmä (Köln - Aachen)

Järjestelmä otettiin käyttöön 1988 Kölnin ja Aachenin välisellä moottoritieellä. Tiellä on 27 merkkikohtaa, joista jokaisella kohdalla 3 muuttuvaa matriisimerkkiä (yksi joka kaistan yläpuolella). Merkeillä voi näyttää esimerkiksi nopeusrajoitusta, jonovaroitusta tai ohituskieltoa.

Järjestelmän käyttöönoton jälkeisenä vuonna (vuodesta 1988 vuoteen 1989) onnettomuuksien määrä väheni 3,8 %.

Reittiopastus (Rein - Main)

Alueella on moottoritieverkon tapaan rakentuva tavallinen tieverkko, mutta rinnakkaisteiden kapasiteetti on niin paljon pienempi kuin moottoritien, että ne tarjoavat riittävän hyvän vaihtoehtoisen reitin vain poikkeustilanteissa.

Moottoritien kahdessa liittymässä kokeiltiin vuonna 1970 järjestelyä, jossa muuttuvilla opasteilla ("tienviitoilla") osa liikenteestä ohjattiin vaihtoehtoiselle reitille ruuhkatilanteessa. Muuttuvat viitat olivat mahdollisimman tarkasti tavanomaisten opasteiden näköisiä. Todettiin, että merkittävä osa liikenteestä saadaan ohjattua vaihtoehtoiselle reitille - liittymässä erkani 30 % moottoritien liikenteestä tavallisesti, 80 % erikoisviitoituksen aikana. Näin suuriin lukuihin päästiin oletettavasti siksi, että seutua tuntemattoman läpikulkuliikenteen osuus on suuri. Järjestelmä on yhä käytössä modifioituna.

Ongelmana oli, että liikennetilanteen kehittymistä ei voitu ottaa huomioon. Ohjauskeskuksen operaattori vaihtoi viittojen tekstit helpottaakseen jo havaittua ruuhkaa.

4.4.4 E18-tien reittiopastus (Norja, Vestfold)

Etelä-Norjassa Vestfoldissa E18:lla otettiin vuonna 1989 käyttöön reittiopastusjärjestelmä, joka suosittelee muuttuvilla opastauluilla vanhan tien käyttöä Osloon päin ajaville E 18:n alkaessa ruuhkautua. Reittisuositus annetaan manuaalisesti ohjauskeskuksesta mittausasemilta mitattuihin liikennemääriin, ajoneuvojakaumiin ja keskinopeuksiin perustuen.

Mittausasemilta kerättyjen ennen-jälkeen -tietojen ja tienvarsihaastattelun mukaan lähes kaikki olivat lukeneet viestin, ja 5 - 20 % autoista valitsi vaihtoehtoisen reitin silloin, kun suositus annettiin. Reitiltä poikkeavan liikenteen määrä riippui viestin voimakkuudesta ja ajankohdasta. Tutkimuksen mukaan järjestelmän avulla on saavutettu huomattavia - joskaan ei tilastollisesti merkitseviä - matka-ajan säästöjä. Jokainen reitiltä poikkeava säästää E18:lla pysyvien matka-aikaa noin 4 sekuntia, ja Statens Vegvesen (1992) laskee, että säästävät aika- ja ajokustannukset kattavat järjestelmän investoinnin ja ylläpidon.

4.4.5 Pysäköinninopastusjärjestelmien vaikutuksia (Nottingham, Englanti ja Frankfurt am Main, Saksa)

Kenttämittauksissa englantilaisissa ja saksalaisissa kaupungeissa on todettu, että 10 - 25 % autossa vietetystä ajasta käytetään pysäköintipaikan etsimiseen. Nottinghamissa pysäköintipaikan etsintä keskustassa ruuhka-aikaan saattaa pidentää matka-aikaa jopa 15 minuuttia. Tuloksia tukevat myös simulointitutkimukset, joissa on arvioitu, että matka-aikaa voisi lyhentää 20 % opastamalla ajoneuvot tehokkaammin pysäköintipaikoille. (Polak et al 1991.)

Nottinghamissa pysäköintitilanteesta annetaan tiedotteita kahden paikallisradioaseman kautta kaksi-kolme kertaa tunnissa. Opastusjärjestelmän tehokkuutta tutkittiin haastattelulla ja postikyselyllä. Vastaajista 63 % tunsi pysäköintitiedotteet, muuta niiden vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen oli pieni. Opastus on kuitenkin selvästi lyhentänyt pysäköintipaikan etsimiseen käytettyä aikaa niiden keskuudessa, jotka saavat tiedon ennen matkan aloittamista. (Polak et al 1991, Axhausen et al 1993.)

Frankfurtissa pysäköintitietoa annetaan muuttuvilla opasteilla. Järjestelmän vaikutuksia on tutkittu katuhaastattelulla, rekisteritunnustutkimuksella, automaattisella liikennelaskennalla sekä jonopituuksia ja odotusaikoja seuraamalla. Tulokset eivät ole vielä kovin selkeitä, mutta opastuksella arvioidaan olevan jonkin verran pysäköintipaikan etsimisaikaa lyhentävä vaikutusta. (Axhausen et al 1993.)

Nottinghamin kokemusten mukaan tieto tulisi antaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja yhdistää pysäköinnin ohjaus muuhun ennen matkaa ja matkan aikana annettavaan tietoon. Pysäköintitiedon tehokkuuteen vaikuttavat lisäksi taustatieto alueesta, esimerkiksi pysäköintialueiden nimien tuntemus, alueen pysäköintitavat ja pysäköinnin hinta. (Polak et al 1991, Axhausen et al 1993.)

4.4.6 INFORM (New York)

INFORM (Information for motorists) on 64 kilometrin pituiselle käytävälle rakennettu liikenteen hallintajärjestelmä New Yorkissa Long Islandilla. Käytävä koostuu kahdesta rinnakkaisesta pääväylästä sekä lukuisista rinnakkaisista ja poikkisuuntaisista kaduista ja teistä. Ohjatun tiestön pituus on kaikkiaan 206 km. Järjestelmään kuuluu liikenteen seurantajärjestelmä (silmukat ja CCTV), muuttuvia opasteita ja ramppiohjaus. Liikennevaloja ohjataan keskiteysti. Smithin (1992) tutkimus perustuu kenttämittauksiin järjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Liikennetietoa annetaan muuttuvilla opasteilla. Tutkimuksen mukaan informaatiolla on vaikutusta: autoilijat muuttavat reittiään, mikäli annettu tieto on täsmällistä. Tavanomaisessa liikenteen häiriötilanteessa, jossa opaste näyttää "passiivista" viestiä (vaihtoehtoista reittiä ei ole annettu), 5 - 10 % autoista lähtee päävirrasta (3 - 4 % yksittäistä ramppia kohden). Tutkimuksessa haastatelluista 29 % piti tietoa erittäin käyttökelpoisena ja lisäksi 46 % jossain määrin käyttökelpoisena. Vastaajista 7 % oli sitä mieltä, että opasteiden tieto on aina oikeata, lisäksi 56 %:n mielestä yleensä oikeata. Vastanneista 45 % sanoi silloin tällöin muuttavansa reittiä annettujen informaation mukaan, 25 % ei ollut koskaan muuttanut reittiään.

Ramppiohjauksen käyttöönotto nosti keskimääräisiä nopeuksia 3 - 8 %:lla. Haastatelluista 15 % sanoi ramppiohjauksen punaisen valon nähdessään valitsevansa usein vaihtoehtoisen reitin välttääkseen ramppiohjauksen, lisäksi 27 % silloin tällöin. Hyvänä ideana ramppiohjausta piti 40 % , huonona 40 % ja lopuilla ei ollut mielipidettä asiasta.

Vastaajista 25 % oli sitä mieltä, että INFORM on melko hyödyllinen järjestelmä, 40 % koki siitä olevan apua toisinaan. Tiedottamiseen ja muuttuviin opasteisiin suhtauduttiin positiivisesti, mutta ramppiohjaus jakoi mielipiteet.

Käytävän ulkopuolisista väylistä on saatavilla vain vähän tietoa, mikä vaikeuttaa vaihtoehtoisille reiteille ohjaamista. Lisäksi kirjoittaja korostaa, että järjestelmän ei voi odottaa toimivan itsestään, vaan se vaatii kaikkien osapuolien sitoutumisen asiaan.

4.4.7 Reittisuunnittelun vaikutus raskaan liikenteen päästöihin (USA)

Latshaw ja Nutly (1994) esittelevät kahdeksan esimerkkiä eri puolilla Yhdysvaltoja toteutettujen raskaan jakeluliikenteen järjestelmien vaikutuksista päästöihin, energiatehokkuuteen ja kustannuksiin. Parannukset toteutettiin kehittämällä reititystä ja aikataulutusta.

Latshaw ja Nutly (1994) toteavat, että vaikka ajoneuvotekniikan kehittymisen myötä päästöt ovat vähentyneet, viimeisen 25 vuoden kuluessa raskaan liikenteen ja bussien osuus päästöistä on lisääntynyt - esimerkiksi Kalifornian alueella liikenteen typen oksidipäästöistä 40 % on raskaan liikenteen ja bussien aiheuttamia. Ajantasainen reititys ja aikataulutus vähentävät merkittävästi juuri näiden ajoneuvoryhmien päästöjä.

Edellä mainittujen kahdeksan toteutetun järjestelmän seurantatutkimuksissa on todettu, että optimoidulla reitityksellä ja aikataulutuksella voidaan parantaa kustannus- ja energiatehokkuutta sekä vähentää ajoneuvojen päästöjä 5 - 20 %.

4.5 Yhteenveto

Liikenteen telematiikalla uskotaan olevan positiivisia vaikutuksia matka-aikaan, liikenneturvallisuuteen, energian kulutukseen ja ilman saasteisiin, matkustusmukavuuteen sekä matkustamisen laatuun. Optimististen arvioiden (TOSCA, PTL 53) mukaan telematiikalla voidaan lykätä tai korvata perinteistä tienrakentamista. Pessimistit pitävät telematiikan liikenneturvallisuus- ja sujuvuusvaikutuksia marginaalisina, mutta eivät kiistä sen merkitystä hyvänä palveluna tai matkan mukavuuden parantajana.

Tutkimustuloksista poimittu yhteenveto vaikutuksista on koottu taulukkoon 18. Lukuarvoilla pyritään antamaan käsitys liikenteen telematiikan vaikutuspotentialista. Arvoja ei voi suoraan tulkita tuntematta kunkin järjestelmän taustatekijöitä, sillä paikalliset olot ja toteutustapa ratkaisevat vaikutukset käytännössä. On myös huomattava, että useimmat taulukkoon listatuista tuloksista perustuvat luotettavuusasteikon heikoimpiin menetelmiin: arvioihin, haastatteluihin, rajoitettujen järjestelmien lyhyisiin kenttäkokeisiin. Pitkään toiminnassa olleita informaatiojärjestelmiä on vielä liian vähän, että telematiikan vaikutuksia voitaisiin luotettavasti arvioida. Tutkimustuloksista on myös havaittavissa, että asiantuntija-arvioissa vaikutukset oletetaan merkittävästi suuremmiksi kuin mitä ne muiden arviointimenetelmien

mukaan ovat. Asiantuntijat saattavat esimerkiksi arvioida järjestelmien vähentävän onnettomuuksia kymmeniä prosentteja, kun taas toteutettujen järjestelmien seuranta viittaa pikemminkin muutaman prosentin onnettomuuksien vähenemiseen.

Suurimmat **liikenteen sujuvuus**vaikutukset näyttävät keskittyvän **häiriötilanteiden** (yllättävät tapahtumat, tietyöt) **hallintaan**. Informaation avulla voidaan lyhentää häiriön vaikutusai-koja ja ohjata kuljettajia vaihtoehtoisille reiteille tai muuttamaan matkan ajan-kohtaa. Häiriötilanteissa verkon tuntevilla kokeneillakaan kuljettajilla ei ole riittävästi tietoa häiriön vakavuudesta, kestosta ja sijainnista hyvää reitinvalintaa ajatellen. Häiriötilanteissa tietoa saavien kuljettajien matka-aikaa pystyttiin Al-Deekin ja Kanafanin (1993) tutkimukses-sa lyhentämään jopa 25 %. Häiriötilanteiden aiheuttamien ruuhkien osuus ruuhkista on kai-ken lisäksi ilmeisen suuri, sillä esimerkiksi Enaud (1994) arvioi, että Pariisin ruuhkista 30 % johtuu onnettomuuksista.

Jayakrishnan et al (1993) toteaa, että informaation antaminen on hyvä tapa lievittää **yleisöta-
pahtumista johtuvaa ruuhkaa**. Hyödyt ovat suurempia kuin tavanomaisessa liikenteessä saavutetut 10 - 15 %:n matka-ajan säästöt. Vaikuttaakin siltä, että tavanomaisessa ruuhkassa tarvitaan liikenteen jakamista ennemmin ajan ja kulkutavan kuin reitin suhteen, sillä vaihto-ehtoisia ruuhkautumattomia reittejä ei todennäköisesti ole tarjolla.

Emmerinkin (1994) mukaan reittiopastuksesta saadaan suurin hyöty silloin, kun tietoa saavi-en kuljettajien osuus ei ole yli 20 % eikä verkko ole kovin ruuhkautunut. Optimaaliseen in-formaatiota saavien kuljettajien osuuteen vaikuttaa myös tiedon laatu. Epätarkka tieto johtaa helposti siihen, että liian moni kuljettaja vaihtaa reittiä, vaikka vain suhteellisen pieni osa kul-jettajista saa tietoa.

Useimmat tienkäyttäjät eivät pidä mielekkäänä vaihtoehtoisen reitin valitsemista ennen kuin jonot ovat pitkiä ja viipeet suuria. Käyttäjät tuskin myöskään luottavat järjestelmään, joka suosittelee järjestelmän optimin mukaisia - ei käyttäjälle optimaalisia - reittejä.

Järjestelmien yhteisvaikutukset ovat suurempia kuin yksittäisen järjestelmän vaikutukset. Esimerkiksi liikennevalojen liikennetilanteen mukaisen ajoituksen ja reittiopastuksen yhdis-täminen antaa suuremman hyödyn kuin kumpikaan toimenpide yksin, mutta hyödyt eivät ole kumulatiivisia (van Aerde ja Yagar 1990, Gardes et al 1993).

Taulukko 18. Yhteenvedo liikenteen telematiikan arvioiduista vaikutuksista.

Järjestelmä		Kapasi- teetti	Matka- aika	Matkan pituus	Onnettomuudet	Poltto- aineen kulutus	Pääs- töt	Muka- vuus
reitti- opastus ajoneuvo- laitteisiin	ruuhka- aikaan	+0	-0-5%		stressin vähene- misellä positiivi- nen vaikutus lii- kenneturvallisuu- teen, monimut- kaisella laitteella negatiivinen		pieni	
	ruuhkan ulkop.	+0-5%	-2-15%	-2 %		pieni	jonkin verran	merkittävä
	häiriöti- lanteissa	+0-9%	-10-25%					merkittävä
	erikois- tapaht.		-10-30%					
reittiopastus muuttuvilla opasteilla		+5-10%	-0-10%		nopeuksien kas- vu ja liikenteen siirtyminen sivu- teille lisäävät onnettomuuksia			posit.
nopeus- ja kaista- ohjaus muuttuvilla liikennemerkeillä					-0-30%			
häiriöiden seuranta ja hallinta		+5-15%			vähentää onn. merkittävästi		pieni	posit.
pysäköinnin ohjaus		lievä posit. vaikutus	-0-20%	vähentää harhaan- ajoja		vähentää jonkin verran	jonkin verran	posit. vaikut.
ramppiohjaus			-3-8% posit. vaikut. päätiellä, hidastaa matkaa sivuteillä	+4-10%	liikenteen siirty- minen sivuteille lisää onnettomuuksia	lisää jonkin verran	lisää	jakaa mieli- piteet!
joukkoliikenteen informaatio- järjestelmät		posit.	jonkin verran		kevyen liikenteen onnettomuudet lisääntyvät			posit.
kehittynyt liikenteen hallintajärjestelmä (ei autom. ajamista)		+10-20 %	-10%	-10%	-2-3%	kok. -2 % hiilivedyt -8-11%, hiilimo- noksidi -15-26%, hiilidioksi- di -0,5%	-2 %	
tavaraliikenteen reititys ja aikataulutus			jonkin verran	jonkin verran		posit.	-5-20%	posit.
ajajan avustaminen (autom. nopeuden ja ajoneuvovälin säätö)		+0-10%			-3-30%	merkitt.	jonkin verran	+/- ("holhoa- minen")
automaattinen ajaminen		25-100% (jopa 400%)			-45%	erittäin merkitt.	jonkin verran	+/- ("holhoa- minen")

Informaation vaikutukset muuttuvat todennäköisesti ajan mittaan. Kuljettajien käyttäytymisen saattaa muuttua tai liikenteen kasvu kompensoida saavutetut parannukset. Esimerkiksi Hall (1992) ei pidä informaatiojärjestelmiä lisäkapasiteetin rakentamisen tai tienkäyttömaksujen vaihtoehtoina silloin, kun väylällä on toistuvaa ruuhkaa. Toisaalta ne saattavat olla järkevä tapa lyhentää keskimääräisiä viipeitä silloin, kun toistuva ruuhka ei ole merkittävää.

Tulevaisuuden älykkäät automaattiset tiet ja ajoneuvot saattavat muuttaa koko sujuvuuden käsitettä: Brand (1992) arvelee, että automatisoituvat ajoneuvot ja valtatiejopa kaksinkertaistavat tai nelinkertaistavat kapasiteetin.

Liikenneturvallisuudella perustellaan nykyisellään useimpia kokeiluja ja toimenpiteitä. Esimerkiksi DRIVE II -projekteista kuitenkin yhä useampi on joutunut myöntämään, että parantunut liikenneturvallisuus ei sittenkään ole testattavan hankkeen pääasiallinen vaikutus, vaan pikemminkin palvelullaan tienkäyttäjän mukavuutta (Carsten 1993).

Monimutkaiset ajoneuvolaitteet saattavat **häiritä kuljettajan ensisijaista tehtävää** eli ajamista. Negatiiviset vaikutukset korostuvat kuljettajien iän kasvaessa (Walker et al 1992, Carsten 1993).

Merkittäviä turvallisuusvaikutuksia odotetaan vasta automatisoiduilta ajajaa avustavilta järjestelmiltä ja ajoneuvon hallintajärjestelmiltä, mutta vastuun siirtäminen erilaisille laitteillekaan ei ole ongelmaton.

Liikenteen telematiikan **ympäristövaikutukset** kytkeytyvät ruuhkien ja tarpeettoman liikenteen (kuten pysäköintipaikan etsimisen) aiheuttamiin päästöihin.

Telematiikan merkitys **ajomukavuuden** parantajana voi olla melkoinen. Informaation hyödyksi voi laskea myös matka-ajan ennakoitavuuden lisääntymisen (Hall 1992), vaikka se ei olisikaan riittävän voimakas työkalu ruuhkaongelmien ratkaisemiseen.

Kuljetusten ja kuljetuskaluston hallintaan tähtäävillä järjestelmillä on merkittävä mahdollisuus tuottaa parempia reittejä; luotettavampia, säännöllisempiä, nopeampia ja **taloudellisempia kuljetuksia**.

Muita vaikutuksia ovat esimerkiksi ajoneuvolaitteiden hinta, joka saattaa johtaa käyttäjäryhmien väliseen epätasa-arvoon. Automaattisten ajoneuvontunnistus- ja maksujenperintämenetelmien on arvioitu saattavan loukata yksilön suojaa.

Lisäksi kannattaa muistaa, että eri aikoihin tarjotun informaation vaikutukset ovat erilaisia (taulukko 19).

Taulukko 19. Eri aikaan annetun informaation vaikutukset (Polak ja Jones 1992).

Vaikutus	Ennen matkaa kotona	Ennen matkaa ei-kotona	Matkan aikana ajoneuvossa tienvarressa
♦ matkapäätös	X		
♦ kulkutavan valinta	X		
♦ matkan ajankohdan muuttaminen	X	X	
♦ kohteen muuttaminen	X	X	(X)
♦ kulkutavan muuttaminen matkan aikana	X	X	X
♦ reitin muuttaminen	X	X	X

5 PÄÄTELMIÄ JA SUOSITUKSIA

5.1 Tieliikenteen telematiikan nykytila

Mielenkiinto ja **odotukset** liikenteen telematiikkaa kohtaan ovat **suuria**, mistä on osoitukse-
na merkittävä panostus kansallisiin ja kansainvälisiin tutkimusohjelmiin. Käytännön toteu-
tukset ja niistä saadut **tulokset** ovat kuitenkin vielä **vaatimattomia**. Tutkimusohjelmat ovat
toistaiseksi keskittyneet telematiikan peruskysymysten selvittämiseen, eikä sovellusten hyö-
dyistä ja kustannuksista ole vielä selkeää käsitystä (taulukko 20).

Taulukko 20. Tieliikenteen telematiikan avoimia kysymyksiä (Kompfner 1993).

Tehokkuus ja toimivuus	<ul style="list-style-type: none">♦ optimaaliset ratkaisut♦ järjestelmien toimintavarmuus
Käyttäjien reagointi	<ul style="list-style-type: none">♦ maksuhalukkuus♦ toimitaanko annetun tiedon mukaan♦ matkustustottumusten muuttuminen (kulkutapa, matkan ajankohta)
Markkinoiden kehitys	<ul style="list-style-type: none">♦ markkinoiden koko ja luonne♦ miten hyödyntää markkinoita♦ esteet♦ tulevaisuuden tekniikoiden ennakointi
Taloudelliset näkökohdat	<ul style="list-style-type: none">♦ valmistuskustannukset♦ käyttökustannukset♦ rahoitus
Yhteiskunnan kustannukset ja hyödyt	<ul style="list-style-type: none">♦ aika- ja kustannussäästöt♦ suhde vaihtoehtoihin toimintastrategioihin♦ liikenneturvallisuusvaikutukset♦ ympäristövaikutukset♦ informaation arvo
Yleistettävyyys	<ul style="list-style-type: none">♦ pilottiprojekteista täysimittaisiin toteutuksiin♦ hyödyntämisstrategiat♦ euroopanlaajuinen siirrettävyys

Hyvien työskentelytapojen löytäminen laajoissa tutkimusohjelmissa on osoittautunut hanka-
laksi. Esimerkiksi DRIVE II -ohjelmaa on arvosteltu puutteellisesta hankkeiden koordinoi-
nista, kenttäkokeiden arviointisuunnitelmien keskeneräisyydestä ja viivästyneistä aikataulu-
ista. On myös esitetty, että ohjelma keskittyy ongelmien ratkaisun sijasta liiaksi tekniikkaan ja
kehitettävien järjestelmien valmistajat tuotteidensa markkinoiden turvaamiseen.

Liikenteen telematiikalle asetettuja tavoitteita ja odotuksia voidaan pitää osin ylimitoitettui-
na. Informaation antaminen on pehmeä vaikutuskeino, jonka vaikutusmahdollisuudet ovat
rajalliset. Riskinä on, että parantunut palvelu johtaa kysynnän lisääntymiseen ja saavutettujen
vaikutusten kumoutumiseen. Tienkäyttömaksujen ja pääsyrajoitusten (access control) vaiku-
tukset ovat pysyvämpiä. Näiden toteuttamisessa voidaan onnistuneesti käyttää apuna telema-
tiikkaa. Merkittäviä positiivisia vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen odote-
taan myös 20 - 30 vuoden kuluttua käyttöön tulevilta ajamista automatisoivilta järjestelmiltä.

Telematiikka ollaan kuitenkin hyväksymässä liikenteen ongelmien ratkaisukeinojen joukkoon. Optimistisia näkökantoja puoltaa ainakin se, että jatkuva liikenteen lisääntyminen yhdistyneenä matalaan uuden infrastruktuurin rakentamisen tasoon lisää viipeitä ja tekee matka-ajoista vaikeasti ennustettavia sekä aiheuttaa ympäristöhaittoja ja tarpeetonta energian kulutusta. Näyttää siltä, että näitä ongelmia voidaan helpottaa telematiikan keinoin. Ennen toteutusta telematiikkasovelluksille on kuitenkin löydettävä investointeihin halukkaat tahot.

Tällä hetkellä varsin pitkälle kehittyneitä liikenteen telematiikan sovelluksia ovat tavaraliikenteen hallinta, kehittyneet maksujärjestelmät ja kuljettajaninformaatio. Tulevaisuudessa erillisiä telematiikan sovelluksia yhdistetään entistä enemmän kokonaisuudeksi, jonka osat palvelevat liikenteen kaikkia osapuolia ja kulkumuotoja. Pyrkimys on yksittäisistä laitteista ja keinoista koko liikennejärjestelmän hallintaan, jolla pyritään vaikuttamaan laajasti liikenteen kysyntään sekä suosimaan eri kulku- ja liikennemuotojen yhteiskäyttöä.

5.2 Tieliikenteen telematiikka Suomessa

Suomen erityispiirteet

Keski-Euroopan, Yhdysvaltojen ja Japanin tutkimuksista saatava tieto ei ole kaikin osin Suomen olosuhteisiin sovellettavissa. Suomen erityispiirteitä ovat vähäliikenteisten teiden suuri määrä, liikenteen sujuvuusongelmien rajoittuminen lähinnä pääkaupunkiseudulle ja kesäviikonloppuisin joillekin pääteille, pitkä pimeä talvikausi ja vaikeat kelit. Suomen tieverkko tarjoaa myös vähemmän vaihtoehtoisia reittejä kuin esimerkiksi Keski-Euroopan moottoritieverkko rinnakkaisteineen.

Keskeiset sovellusalueet

Suomessa keskeisiä liikenteen telematiikan sovellusalueita ovat **kelien hallinta, radio- ja matkapuhelinpohjaiset informaatiopalvelut, joukkoliikenteen hallinta ja maksujärjestelmät sekä tavaraliikenteen sovellukset**. Näiltä telematiikan osa-alueilta on jo kokemuksia: esimerkiksi liikenne- ja kelitietoa on tarjottu kuljettajille pitkään radion välityksellä ja kehittyneitä joukkoliikenteen maksujärjestelmiä on otettu käyttöön varsin hyvin tuloksin. Joukkoliikenteen liikennevaloetusjärjestelyistä on hyviä kokemuksia jo 1970-luvun lopulta. Tavara- liikenteen ohjausjärjestelmistä, joukkoliikenteen matkustajaninformaatiosta ja muuttuvasta liikenteen ohjauksesta on kerätty kokemuksia pilottiprojekteilla.

Liikenteen telematiikkaa tulisi kehittää Suomessa niin tiedon keräämisen ja käsittelyn kuin tiedon hyödyntämisenkin osa-alueilla.

Liikenteen seurantajärjestelmä ja muu tiedon keräys ovat telematiikan sovellusten perusta. Kehittyneet tiedonkäsittely- ja jakokanavat eivät korvaa puuttuvaa tai huonolaatuista tietoa. Suomessa kattavan ohjauksen ja tiedonkeräyksen rakentaminen infrastruktuuriin on

suuria kaupunkiseutuja ja muutamaa päätietä lukuunottamatta näillä näkymin liian kallista. Tämä puoltaa esimerkiksi anturiajoneuvojen käyttöä matka-aika- ja kelitiedon tuottajina.

Liikenteen tiedotus- ja ohjauskeskusten verkko on nykyisellään vaatimaton ja irrallisista yksiköistä koostuva. Jo nyt on havaittu ongelmalliseksi, että tielaitoksen (koe)käyttöön ottamia erilaisia ajantasaisia liikenteen ohjausjärjestelmiä ohjataan eri paikoista. Järjestelmiä tulisi pyrkiä ohjaamaan koordinoitusti joko yhdestä keskuksesta tai rakentamalla eri ohjauskeskusten välille kiinteä tietoliikenneyhteys. Tulevaisuudessa liikenteen hallintakeskukset voi erottaa emo-organisaatioistaan yhteisyritykseksi (tielaitos, kaupungit, poliisi). Suomen liikennemäärät sekä tapahtumien ja liikenteen häiriöiden volyymit ovat niin pieniä, että on kallista ylläpitää montaa ympäri vuorokauden päivystävää keskusta.

Suomessa käyttökelpoisimmat telematiikkasovellukset eivät vaadi raskasta infrastruktuuria. **Radioitse ja RDS-tiedotteina** voidaan välittää ennen matkaa ja matkan aikana tietoa kelistä, liikennetilanteesta ja liikenteen häiriöistä. Kelitiedotteita voidaan täydentää nykyisistä esimerkiksi ajantasaisella tiedolla kunnossapitovälineiden liikkeistä; aurauksesta ja liukkauden torjunnasta. Eurooppalaisen päätieverkon (TERN) ensimmäiseksi yhteiseksi telemaattiseksi palveluksi on kaavailtu koodattua liikennetietoa välittävää, RDS:n pohjalta kehitettyä **TMC:tä**. Vastaavanlaista liikennetietoa voidaan tarjota myös GSM-verkon kautta. Muita potentiaalisia järjestelmiä ovat julkisten tietoverkkojen kautta kotona ja toimistossa saavutettavat **TELMO**n tyyppiset tietopalvelut. **Muuttuvia opasteita** voidaan käyttää esimerkiksi sääohjauksissa nopeusrajoitus- ja kelivaroitusjärjestelmissä. Käyttökohteiden määrä on kuitenkin rajallinen, koska opasteet ovat kalliita. Muuttuvan reittiopastuksen ongelmana on merkkien hinnan lisäksi se, että vaihtoehtoisia reittejä on vähän ja ne eivät ole pääteiden taseisia. Esitettävien **viestien sisällön ja ymmärrettävyyden tutkiminen** on tärkeä, muuttuvien opasteiden osalta jo käynnissä oleva osa-alue.

Häiriöiden hallinta on Suomessa uusi telematiikan sovellusalue. Maailmalta saatujen tietojen mukaan suurimmat matka-aikasäästöt saavutetaan poikkeustilannetiedottamisella. Häiriönhallinta vaatii kuitenkin pitkälle kehittyneitä liikenteen seurantatekniikkaa. Kameravalvonnan tai muun automaattisen seurannan toteuttaminen on kallista ja tulee kysymykseen näillä näkymin vain pääkaupunkiseudulla ja mahdollisesti muutamilla pääväylillä.

Kaupunkien pysäköinninopastus tarjonnee ainakin positiivisia ympäristövaikutuksia.

Joukkoliikenteen palvelutasoa voidaan parantaa taajamien ulkopuolella telematiikkaa hyväksi käyttäen toteutetulla **kysyntäohjatulla joukkoliikenteellä**. Kaupunkialueilla huonosti aikataulussa pysyvä joukkoliikenne houkuttelee valitsemaan henkilöauton: hyviä sovelluksia ovat siten **ajantasainen kaluston seuranta, liikennevaloetuuudet, ajantasainen tieto matkustajille** odotusajasta pysäkeillä ja seuraavasta pysäkestä joukkoliikennevälineessä sekä **liityntäpysäköinnin hallinta**.

Kehittyneet maksujärjestelmät (esim. joukkoliikenne, pysäköinti, monen palvelun maksamisen mahdollistavat kaupunkikortit) ovat hyvää palvelua käyttäjille.

Suomalainen tekniikka käyttöön

Suomen vahvuuksia liikenteen telematiikan kehittämisessä ovat kehittynyt tietoliikenneinfrastruktura ja tietoliikennepalvelut, radio- sekä matkapuhelin- ja solukoverkkopohjaiset tietoliikenneyhteydet ja erilaiset kehittyneet maksujärjestelmät. Liikenteen telematiikkasovelluksissa tarvittavasta teknologiasta suuri osa voidaan tuottaa itse. Laajojen kokonaisjärjestelmien toteuttamisessa tarvitaan kuitenkin ulkomaisia yhteistyökumppaneita. Ongelmana on, että Suomen Keski-Euroopasta poikkeavat olosuhteet vaativat räätälöityä tekniikkaa, jolla on muualla - ehkä muita Pohjoismaita lukuunottamatta - pienet markkinat. Pohjoismainen yhteistyö voisi siten tuottaa hyviä tuloksia tekniikan alallakin.

Organisointi ja rahoitus

Tieliikenteen telematiikan toteuttamisen vastuutahot Suomessa ovat **liikenneministeriö, TEKES, tielaitos, kunnat, kuljetusyritykset, joukkoliikenneyritykset ja poliisi**. Merkittävin rooli on telematiikan rahoittajilla ja infrastruktuurin omistajilla, mutta myös tutkimuslaitokset ja korkeakoulut osallistuvat telematiikan toteuttamis- ja arviointityöhön. Vastuutahoja on monia ja tiedonkulku eri organisaatioiden välillä on havaittu ongelmalliseksi. Siten saattaisi olla tarpeen perustaa suomalainen puolivirallinen liikenteen telematiikan kattojärjestö ja keskustelufoorumi "ITS Finland".

Maailmalta saatujen kokemusten mukaan parhaaseen tulokseen telematiikan toteutuksessa päästään julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyöllä. Yrityssektori markkinoi autoilijoille suunnattua telematiikkaa todennäköisesti joka tapauksessa riippumatta liikenneviranomaisten panostuksesta. Viranomaisten valvontaa vaativat siten esimerkiksi käyttäjien turvallisuuteen liittyvät kysymykset.

Suomessa kannattaa hyödyntää muualla tehtävän kehitys- ja kokeilutoiminnan tulokset, sillä hankkeiden toteuttaminen ja arviointi on kallista ja hankalaa. Oma kehitystoimintaa tulee suunnata sellaisiin sovelluksiin, jotka eivät saa riittävästi huomiota osakseen muualla.

Hankkeiden tulisi olla ongelma- ja tavoitelähtöisiä, suunniteltuja projekteja. Kokemukset eri tahoilta on kerättävä ja toteutettujen järjestelmien vaikutukset on arvioitava ja raportoitava uusien hankkeiden suunnittelun pohjaksi (kuva 29). Koordinoimaton kokeilutoiminta on kallista ja resursseja vaativaa.

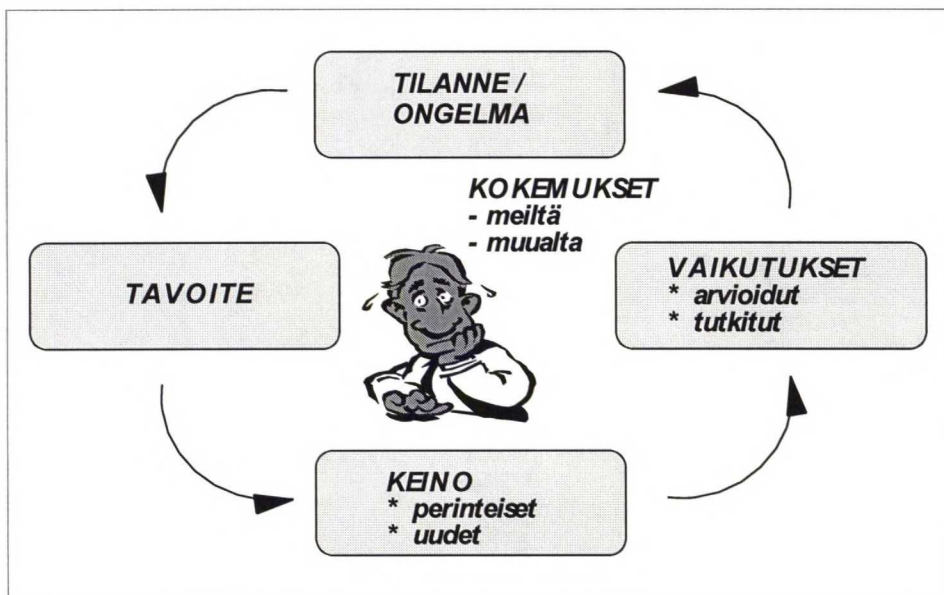
Suomessa kannattaa vältellä esimerkiksi DRIVE-tutkimusohjelmassa tehtyjä virheitä. Keskeistä on

- hankkeiden kansallinen koordinaatio, kaksinkertaisen työn välttäminen

- koehankkeiden suunnittelu myös arviointityön kannalta
- arviointisuunnitelman tekeminen samaan aikaan hankkeen suunnittelun kanssa.

Telematiikkahankkeen toteuttamiseen tarvitaan koko arvioinnin ketjua alkaen asiantuntijoiden arvioista ja simuloinneista kenttätoteutuksiin. **Kokeilla selvitetty tieto tulee jakaa edelleen muiden käyttöön.** Arviointimenetelmistä simulointitutkimuksia on Suomessa toistaiseksi käytetty varsin vähän, kun taas esimerkiksi Yhdysvalloissa simulointi näyttää olevan tärkeimpiä liikenteen telematiikan vaikutusten arviointitapoja.

Tutkimusmenetelmien kehittämiseksi ja vaikutusten arvioinnin systematisoimiseksi tielaitos voisi yhteistyössä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kanssa luoda liikenteen telematiikan tutkimuslaboratorion, jossa kehitettäisiin tutkimuksessa tarvittavia menetelmiä ja tehtäisiin alan tutkimustyötä. Laboratorion tehtävänä olisi ennen kaikkea alan uusimpien tutkimusmenetelmien ja teknologian siirto Suomeen, kotimaisten telematiikkahankkeiden vaikutusten arvioinnin yhdenmukaistaminen sekä kotimaisten simulointiohjelmistojen ja menetelmien kehittämisen tukeminen.



Kuva 29. Hallittu kehittäminen (Karessuo 1994).

Liikenteen telematiikan kenttä on voimakkaan kehityksen alla. Tulokset ovat kuitenkin vasta suuntaa-antavia. Tällä hetkellä suomalaisten kannattaa keskittyä selvittämään omat tarpeensa ja panostaa kansalliseen, pohjoismaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön. Järjestelmien onnistunut toteuttaminen vaatii huolellista valmistelua, laadunvarmistusta ja järjestelmällistä kokeilutoimintaa. Kokeiluun tulee aina liittyä vaikutusten tutkiminen, jota voidaan käyttää hyväksi järjestelmän hyötyjä ja kannattavuutta arvioitaessa. Vain näin voidaan painottaa oikein tulevia investointeja.

6 YHTEENVETO

Telematiikka on se osa tietotekniikkaa, joka sisältää sekä tietoliikennetekniikkaa että tietojenkäsittelytekniikkaa. Liikenteen telematiikka on vakiintumassa yleisnimitykseksi lukuisalle joukolle tekniikoita, joilla kerätään ja käsitellään tietoa tieoloista, liikenteestä ja liikkumisesta ja hyödynnetään sitä liikenteen ohjauksessa, tiedottamisessa ja kaluston tai yksittäisten ajoneuvojen hallinnassa. Telematiikka mahdollistaa myös esimerkiksi kehittyneet maksujen-perintäjärjestelmät.

Liikenteen telematiikka on suomennos EU:n ATT (DRIVE II) -tutkimusohjelman (1991-1995) käyttämästä termistä Advanced Transport Telematics. Euroopassa käytettiin aiemmin EY:n DRIVE -tutkimusohjelman termiä Road Transport Informatics (RTI), Yhdysvalloissa ala kulki nimellä Intelligent Vehicle/Highway Systems (IVHS), mutta nyt ollaan siirtymässä termiin Intelligent Transportation Systems (ITS). Nimitykset ovat lähes samansisältöisiä, mutta uudemmat termit korostavat eri kulkutapojen ja liikennemuotojen yhteistyötä (joukkoliikenne, rautatie-, vesi- ja ilmaliikenne).

Liikenteen telematiikan osa-alueet voidaan määritellä eri tavoilla. Esimerkiksi Euroopan unionin ATT -tutkimusohjelmassa liikenteen telematiikka on jaettu seitsemään pääryhmään:

- kysynnän hallinta (esim. automaattinen tienkäyttö- ja pysäköintimaksujen perintä ja tietilan käytön ohjaus ja valvonta)
- matka- ja liikennetieto (esim. ajantasaiseen liikennetietoon perustuva reittiopastus tai muun matkan toteuttamista ja suunnittelua hyödyttävän tiedon välittäminen niin yksityisautoilijoille kuin joukkoliikenteen käyttäjille)
- kaupunkiliikenteen hallinta (esim. liikenteen ohjaus verkkotasolla, kehittynyt valo-ohjaus ja reittiopastus, pysäköinnin ja hätätilanteiden hallinta, liikenteen päästöjen ja melun seuranta)
- maantieliikenteen hallinta (esim. liikenteen ohjaus ja liikenne-, sää- ja kelitiedon välittäminen moottoriteillä ja niiden rinnakkaisväylillä)
- ajajaa avustavat järjestelmät (esim. automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö; ihmisen ja tekniikan vuorovaikutuksen tutkiminen)
- tavarakuljetusten ja kuljetuskaluston hallinta (kaluston seuranta, ohjaus, reititys; ruutiinotoimintojen automatisointi; asiakirjojen siirtäminen sähköiseen muotoon, liikkuvan ajoneuvon punnitus)
- joukkoliikenteen hallinta (esim. kaluston ajantasainen seuranta ja ohjaus, liikennevalotuudet, aikataulu- ja reittitietojen antaminen matkustajille).

Liikenteen telematiikkaa on tutkittu Japanissa 1960-luvulta ja Euroopassa 1970-luvulta lähtien. Yhdysvallat on tullut mukaan myöhemmin, mutta tällä hetkellä panostus USA:n kansalliseen tutkimusohjelmaan on jo suurempi kuin Euroopassa.

Liikenteen telematiikka on **liikenteen hallinnan apuväline**. Liikenteen hallinnalla pyritään vaikuttamaan liikenteen kysyntään, kulkutapajakaumaan, reitin ja matkan ajankohdan valintaan sekä kuljettajan käyttäytymiseen tavalla, joka parantaa tieliikenteen tehokkuutta, turvallisuutta, taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Telematiikan sovelluksilla odotetaan olevan positiivisia vaikutuksia myös matkustusmukavuuteen ja matkustamisen laatuun.

Odotukset tieliikenteen telematiikan **liikennettä sujuvoittavista vaikutuksista** perustuvat olettamukseen, että olemassa oleva tiestön kapasiteetti pystytään hyödyntämään tehokkaammin tarjoamalla liikkujille tietoa, joka auttaa heitä matkan ajankohdan, reitin ja kulkumuodon valinnassa. **Liikenneturvallisuuden** kannalta merkittäviä liikenteen telematiikan seurauksia ovat sovellusten kuljettajan käyttäytymistä muuttavat vaikutukset sekä liikenneolosuhteiden ja matkustustottumusten muuttuminen (esimerkiksi matkojen pituus, tiheys, kulkumuoto, reitti, ajonopeudet, ajoneuvoväli; hätätilanteiden nopea hallinta). Tieliikenteen telematiikan **ympäristövaikutukset** liittyvät usein sujuvuusvaikutuksiin, sillä ruuhkaa vähentävän järjestelmän odotetaan vähentävän myös päästöjä. Varsinkin taajamaliikenteessä raskaiden ajoneuvojen kiihdytysten ja hidastusten vähentäminen vähentäisi myös melua.

Telematiikkahankkeen **vaikutusten arviointi** etenee idea-asteella olevasta järjestelmästä tehdyistä **asiantuntija-arvioista mallien ja simulointitutkimusten sekä kenttäkokeiden kautta varsinaisen toteutuksen seurantaan**. Vaikutusarvioiden luotettavuus paranee järjestelmien lähestyessä käytäntöä ja toteutusten laajetessa usealle alueelle sekä järjestelmien yhteisvaikutuksen tutkimiseen.

Telematiikkahankkeiden arviointi voi keskittyä tekniikan toimivuuden tutkimiseen, järjestelmien hyväksynnän ja markkinoiden analysoimiseen tai lakeihin ja organisaatioihin liittyviin kysymyksiin. Näitä laajempi on kuitenkin telematiikkasovelluksen yhteiskunnalle tuomia hyötyjä ja kustannuksia analysoiva yhteiskuntataloudellinen arviointi. Yhteiskuntataloudellisessa arvioinnissa on neljä vaihetta:

1. ongelmien analysointi, tavoitteiden asettelu, vaihtoehtoisten järjestelmien suunnittelu
2. eri vaihtoehtojen vaikutustietojen (impacts) tuottaminen, määrällinen arviointi
3. vaikutusten arvojen laskeminen (evaluation)
4. tulosten tulkinta, päätelmät.

Yhteiskuntataloudellinen arviointi voi olla hyöty-kustannusanalyysi, (kaikki vaikutukset muutetaan rahaksi) tai monikriteerianalyysi (vaikutukset kirjataan minä tahansa yksikköinä).

Vaikutusten arviointi etenee ketjuna. Ensin selvitetään, miten järjestelmän on ajateltu toimivan ja luodaan hypoteesit sen mahdollisista vaikutuksista. Tämän jälkeen valitaan kulloisenkin tarpeen mukaan parametrit (esim. keskinopeus, ajoneuvoväli), joilla hypoteesien olemassaolo voidaan todentaa. Parametreja kerätään esimerkiksi kyselyillä ja haastatteluilla

järjestelmän käyttäjiltä (informaation tehokkuus, luotettavuus, käyttökelpoisuus), viranomaisilta tilastoina (onnettomuustilastot, säätilastot), järjestelmän lokikirjanpidosta tai seuraamalla liikennettä induktiosilmukoilla, tutkalla, videoseurannalla tai näköhavaintoihin perustuen.

Odotukset liikenteen telematiikkaa kohtaan ovat **suuria**, mutta käytännön **toteutukset** ja niistä saadut **tulokset** ovat **vielä vaatimattomia**. Tutkimus- ja kehitysohjelmat ovat toistaiseksi keskittyneet telematiikan peruskysymysten selvittämiseen, eikä sovellusten hyödyistä ja kustannuksista ole vielä selkeää käsitystä. Ennen toteutusta informaatiojärjestelmille on myös löydettävä investointeihin halukkaat tahot.

Tässä työssä esitetyt tutkimustulokset ovat asiantuntija-arvioita, yksittäisten järjestelmien si-
mulointeja tai suppeahkoja kenttätoteutuksia. Tulokset ovat siten vain suuntaa-antavia. Varsinkin laajoista ja eri liikennemuodot tai kulkutavat yhdistävistä hankkeista on vielä liian vähän tietoa. Rohkeimpien arvioiden mukaan telematiikalla voidaan lykätä tai korvata perinteistä tienrakentamista. Epäilijät pitävät liikenneturvallisuus- ja sujuvuusvaikutuksia marginaalisina, mutta eivät kiistä telematiikkasovellusten merkitystä hyvän palvelun tuottajina tai matkan mukavuuden lisääjinä.

Suurimmat **liikenteen sujuvuusvaikutukset** näyttävät keskittyvän häiriötilanteiden (epätavalliset tapahtumat, tietyöt) hallintaan. Tällöin informaatiota saavien kuljettajien matka-ajan säästöt ovat parhaimmillaan 10 - 25 %.

Useimpia kokeiluja ja toimenpiteitä perustellaan nykyisin **liikenneturvallisuudella**. Nykyiset järjestelmät palvelevat kuitenkin pikemminkin tienkäyttäjän **mukavuutta**. Merkittäviä turvallisuusvaikutuksia odotetaan vasta ajamista osin automatisoivilta, kuljettajaa avustavilta järjestelmiltä. Vastuun siirtäminen erilaisille laitteille ei kuitenkaan ole ongelmatonta. Monimutkaiset ajoneuvolaitteet saattavat häiritä kuljettajan ensisijaista tehtävää eli ajamista, eikä moni käyttäjä myöskään hyväksy kontrollin siirtämistä pois kuljettajalta. Häiriövaikutukset korostuvat kuljettajien iän myötä.

Kuljetusten ja kuljetuskaluston hallintaan tähtäävillä järjestelmillä on merkittävä mahdollisuus tuottaa parempia reittejä ja esimerkiksi helpottaa asiakirjojen käsittelyä siirtämällä ne paperittomaan muotoon. Näin saavutetaan luotettavampia, säännöllisempiä, nopeampia ja **taloudellisempia kuljetuksia**.

Suomessa keskeisiä tieliikenteen telematiikan sovellusalueita ovat **kelien hallinta, radio- ja matkapuhelinpohjaiset informaatiopalvelut, joukkoliikenteen hallinta ja maksujärjestelmät sekä tavaraliikenteen sovellukset**. Suomen vahvuuksia liikenteen telematiikan toteuttamisessa ovat kehittynyt tietoliikenneinfrastruktuuri ja tietoliikennepalvelut. Merkittävä osa tarvittavasta teknologiasta voidaan tuottaa itse. Tieliikenteen telematiikan vastuutahot

Suomessa ovat **liikenneministeriö, TEKES, tielaitos, kunnat, kuljetusyritykset, joukkoliikenneyritykset ja poliisi.**

Liikenteen telematiikan kenttä on voimakkaan kehityksen alla. Tulokset ovat kuitenkin vasta suuntaa-antavia. Tällä hetkellä suomalaisten kannattaa keskittyä selvittämään omat tarpeensa ja panostaa kansalliseen, pohjoismaiseen ja kansainväliseen yhteistyöhön. Todellisten järjestelmien onnistunut toteuttaminen vaatii huolellista valmistelua, laadunvarmistusta ja järjestelmällistä kokeilutoimintaa. Kokeiluun tulee aina liittyä vaikutusten tutkiminen, jota voidaan käyttää hyväksi järjestelmän hyötyjä ja kannattavuutta arvioitaessa. Vain näin voidaan painottaa oikein tulevia investointeja.

LÄHDELUETTELO

- van Aerde, M.W., Yagar, S. (1990). Combining traffic management and driver information in traffic integrated networks. IEE Third International Conference on Road Traffic Control. Esitelmien suomenkieliset referaatit. TKK Liikennetekniikka, tiedote 29, Otaniemi 1993. S. 14 - 16.
- Al-Deek H., Kanafani A. (1993). Modeling the benefits of advanced traveler information systems in corridors with incidents. Transpn. Res.-C, Vol. 1, No 4, s. 303 - 324. Great Britain 1993.
- Axhausen, K., Polak, J., Boltze, M. (1993). Effectiveness of parking guidance and information systems: recent evicence from Nottingham and Frankfurt am Main. Paper presented to the 64th annual meeting of the Institute of Transportation Engineers 20-22 September 1993, Haag.
- Benz, T. (1994). Traffic Flow Effects of Intelligent Vehicles. Traffic Technology International 1994, s. 118 - 120.
- Bobinger, R. (1993). Evaluation Methodology. ATRACC 6 -kurssi "Pilot project evaluation" Pariisissa 6.-8.12.1993. Kurssimateriaali: SODIT S.A., Labège, Ranska.
- Bonsall, P.W., Parry, T. (1990). Drivers's requirements for route guidance. IEE Third International Conference on Road Traffic Control. Esitelmien suomenkieliset referaatit. TKK Liikennetekniikka, tiedote 29, Otaniemi 1993. S. 9 - 11.
- Brand, D. (1992). Intelligent Vehicle-Highway Systems: A smart choice for travellers and society. TR News 160, May-June 1992. S. 8 - 10 ja 34 - 35.
- Brown, R.J. (1992). The design and benefits of VMS information systems. PTRC XX Summer Annual Meeting 14 - 18 September 1992. Traffic Management and Road Safety. Proceedings of Seminar G. University of Manchester, Institute of Science and Technology, England, s. 13 - 24.
- Carsten, O. (1993). The safety evaluation of pilot projects. ATRACC 6 -kurssi "Pilot project evaluation" Pariisissa 6.-8.12.1993. Kurssimateriaali: SODIT S.A., Labège.
- Chaloupka, C., Risser, R. (1993). The Pro-Gen Traffic Safety Checklist. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.
- Chen, K. (1992). Policy implications of driver information systems. Transportation Research Board, 71st Annual Meeting, January 12 - 16, 1992. Washington D.C. 28 s.

Commission of the European Communities (1992a). Research and technology development in advanced road transport telematics, DRIVE 1992. Bryssel, 231 s.

Commission of the European Communities (1992b). Transport - research. COST 309, Road Weather Conditions. Final Report. Luxembourg. 146 s.

Commission of the European Communities (1993). Transport Telematics 1993, Bryssel. 302 s.

Commission of the European Communities (1994a). "Telematics" RTD Programme. Work-plan panels, Pre-draft outlook of requirements and options. Julkaisematon luonnos 14.1.1994.

Commission of the European Communities (1994b). EAVES Deliverable No 9. Initial Results. Commission of the European Communities, February 1994.

Draskóczy, M. (1993a). The Delphi Method. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.

Draskóczy, M. (1993b). Mandatory Safety Quality Assurance Annual report No 1. HOPES Deliverable 11. Author M. Drakóczy, Lund TU, 18 s.

Egbering, H. (1993). Driving Simulators. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.

Emmerink, R.H.M., (1994). Effects of information in road transport networks with recurrent congestion. 26th Annual Conference UTSG, University of Leeds, January 1994. 23 s.

Enaud, F. (1994). Information Processing: A Solution to Improve Traffic. Traffic Technology International '94, s. 116.

ERTICO Newsletter (11/1993). VICS Symposium and Demonstration in Tokyo. Artikkelit Ertico Newsletterin numerossa 11/1993, marraskuu 1993.

ERTICO Newsletter (2/1994). Safety Evaluation of RDS-TMC ja IVHS FY '95 Proposed Budget. Artikkelit ERTICO Newsletterin numerossa 2/1994, helmikuu 1994.

ERTICO Newsletter (3/1994). ERTICO Policy Statement, ERTICO Action Strategy ja ERTICO Position on the EC 4th Framework Programme. Artikkelit ERTICO Newsletterin numerossa 3/1994, maaliskuu 1994.

European Commission, Directorate General for Transport (1994). Traffic Management on the Trans-European Road Network. Transport Infrastructure Committee, Motorway Working Group, Action MAGIC. Final report, October 1994. VII/693/94-EN. 52 s.

Evans, B. (1993). A solution to the traffic crisis? The Architects' Journal, 7 October 1993, s. 35.

Federal Highway Administration (1991). Intelligent Vehicle Highway Systems: A Public/Private Partnership. An overview of the IVHS Program through FY 1991. Washington D.C., 31 s.

Forward, S. (1993). Microscopic models for the assessment of ATT systems. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.

Gardes, Y.R., May, A.D., van Aerde M. (1993). Simulation of IVHS strategies on the Smart Corridor. 26th International Symposium on Automotive Technology and Automation, 13 - 17.9.1993 Aachen, Saksa. Julkaisija Automotive Automation Limited, Croydon, Englanti. S. 237 - 244.

Goodwin E. (1993). No jams tomorrow. The Engineer, vol. 273, nro 7069, September 1991. S. 51 - 52.

Hall R. W. (1992). Non recurrent congestion: how big is the problem? Are traveler information systems the solution? Transportation Research Circular, vol 1. no 1, 1993. S. 89 - 103.

Hampshire County Council (1993). DRIVE II ROMANSE (ROad MANagement System for Europe) -projektin esite: ROMANSE, it's about time...

Hodgson, F. (1993). Accident patterns. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.

Hoffman, G., Janko, J. (1990). Travel times as a basic part of the LISB guidance strategy. IEE Third International Conference on Road Traffic Control. Esitelmien suomenkieliset referaatit. TKK Liikennetekniikka, tiedote 29, Otaniemi 1993. S. 12 - 13.

Inside IVHS (October 10, 1994). U.S IVHS Allocation Drops to \$227.5 Million. Inside IVHS -lehti 10. lokakuuta 1994, s. 1-2.

The Intelligent Highway (February 4, 1994). Initial Results from VMS project point to accident reductions. The Intelligent Highway -lehti, 4. helmikuuta 1994.

Jayakrihnsnan R., McNally M.G., Cohen M.I (1993). Simulation of ATIS strategies to reduce non-recurring congestion from special events. 26th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Aachen, Saksa, 13 - 17.9.1993. Julkaisematon esitelmä.

- Judycki, D. , Euler, G. (1993). The Intelligent Vehicle-Highway Systems Program in the United States. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Esitelmä April 1993, 16 s.
- Karessuo, K. (1993). Tieliikenteen informaatiotekniikan kehitysnäkymiä. Esitelmä Liikennepäivillä 11. - 13.10.1993. Kuntakoulutus, Helsinki 1993. 15 s.
- Karessuo, K. (1994). Tielaitoksen Liikenteen hallinta -projektin päällikkö Kari Karessuo 18.5.1994.
- Karhula, M. (1994). Suunnittelija Mervi Karhulan haastattelu 26.8.1994. Tielaitos, kehittämis-keskus.
- Keller, H. (1993). Decision context and evaluation process. ATRACC 6 -kurssi Pilot project evaluation Pariisissa 6.-8.12.1993. Kurssimateriaali: SODIT S.A., Labège, Ranska.
- KFB (1994). TOSCA II. Test-site Oriented SCenario Assessment. Samhällsekonomska utvärdering av informationsteknologi för bättre vägtransporter. Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
- Kommunikationsdepartementet (1993). Informationsteknologi på väg. En analys av trafikpolitiska konsekvenser. Ds. 1993:47. Almqvist & Wikström, Stockholm. 169 s.
- Kompfner, P. (1993). ATT Assessment in Practice: The European DRIVE II Programme. ATRACC 6 -kurssi "Pilot project evaluation" Pariisissa 6.-8.12.1993. Kurssimateriaali SODIT S.A., Labège, Ranska.
- Kosonen, E. (1993). Kelitiedotus ja tienvarressa esitettävien keliviestien ymmärrettävyys. Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Otaniemi 1993. 72 s.
- Kulmala, R. (1994). Erikoistutkija Risto Kulmalan haastattelu 25.8.1994. VTT, Yhdyskuntatekniikka.
- Latshaw, G.L, Nutly, W.G. (1994). Improving energy efficiency and air quality. IVHS America 1994 Annual Meeting, April 17-20, Atlanta, Georgia. Paper 94005, Preprint.
- Lenz, K. (1993). 12th international symposium on theory and practice in transport economics, OECD 1993. Julkaisun sub-topic 4, Impacts of new technologies on efficiency and safety. S. 373 - 401.
- van Leusden, G.C., Coemet, M. (1993). Dynamic Traffic Management in the Netherlands. ITE Journal, July 1993, s. 12 - 18.

Liikenneministeriö, Tielaitos (1993). Report on transport telematics in Finland, luonnos, syksy 1993. 16 s.

Liikenneministeriö (1994). DRIVE III -ohjelmaan valmistautuminen. Julkaisu 23/94. Helsinki.

Mahmassani, H.S., Chen P.S. (1993). An investigation of the reliability of real-time information for route choice decisions in a congested traffic system. *Transportation* 20: s. 157 - 178.

Maltby, D. (1993). Field Trial Design - 12 Steps Approach. ATRACC 6 -kurssi "Pilot project evaluation" Pariisissa 6.-8.12.1993. Kurssimateriaali: SODIT S.A., Labège, Ranska.

Morello, S., Maltby, D.(1994). Guidelines for Assessment of Transport Telematics Applications in Inter-Urban Traffic Management and Information. CORD deliverable AC07 - Volume 5. May 1994. Edited by Steve Morello, David Maltby. 81 s. DRIVE II:n CORD-projektin julkaisu.

May, A.D., Bonsall P.W., Slapa R. (1992). Measuring the benefits of dynamic route guidance. Esitelmä. The Institute of Transport Studies, The University of Leeds. Leeds LS2 9JT England.

OECD (1987). Road transport research: Dynamic traffic management in urban and suburban road systems. Pariisi. 100 s.

OECD (1992a). Road transport research: Intelligent vehicle highway systems, review of field trials. Pariisi. 102 s.

OECD (1992b). Road transport research: Intelligent vehicle highway systems, review of field trials. Background dokument: results of enquiry on field tests of road-vehicle communication systems. Pariisi. 71 s.

Oppe, S. (1993). Framework for Retrospective Traffic Safety Analysis, Part A: Guidelines. DRIVE II project V2002 HOPES, Deliverable 7A, March 1993. Editor Siem Oppe. 26 s.

Penttinen, H. (1993). Public transport in Finland. Payment Systems Using ID Cards. PTL 53:n kokouksessa 28.10.1993 pidetty esitelmä. Tietotekniikan kehittämiskeskus (TIEKE).

PIARC (1993). "Advanced Highway-Vehicle Systems toward the 21st century". Artikkelit Routes/Roads -lehdessä nro 280, II/1993. S. 35 - 50.

Pohjoismaiden tietekniillinen liitto, Suomen osasto (1994). Liikenteen informaatiotekniikan (RTI) tulevaisuus Pohjoismaissa. Jaosto 53: Liikenteen informaatiojärjestelmät. Delfoi-tutkimuksen yhteenveto. Sisäinen raportti nro 4/1994. Helsinki. 20s.

- Polak, J., Vythoulkas, P., Chatfield I. (1991). Broadcasting parking information: behavioural impacts and design requirements. Paper presented to the 71st Annual Meeting of the Transportation research Board, 12 - 16 January 1992. Washington D.C. 17 s.
- Polak, J., Jones, P. (1992). The acquisition of pre-trip information: A stated preference approach. Transportation Research Board, 71st Annual Meeting, January 12 - 16, 1992, Washington, D.C. 19 s.
- Poppe, F. (1993). Traffic models and traffic safety. HOPES Deliverable 6, Framework for Prospective Traffic Safety Analysis. March 1993. Editor Oliver Carsten. 61 s.
- Pursula, M. (1982). Liikenteen simulointi. Teknillinen Korkeakoulu, Liikennetekniikka, opetusmoniste 5. Otaniemi, 28 s.
- Smith, S.A. (1992). Evaluation of INFORM: Lessons learned and application to other systems. Transportation Research Record 1360. Washington D.C. S. 62 - 65.
- Sparman, J.M. (1991). Acceptance and Benefits of the Berlin Route Guidance and Information System (LISB). VTIRapport 372A, Part 1. Proceedings of the Conference "Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on two Continents" in Gothenburg, Sweden, Sept. 18 - 20, 1991. Statens Väg- och Trafikinstitut, Linköping. 232 s.
- Statens Vegvesen (1992). Trafikantinformationssystem for E 18 gjennom Vestfold. Samlerapport 1989-1991. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo. 35 s.
- Swedish National Road Administration (1987). A Delphi panel-derived scenario on road transport informatics evolution. Final report, April 1987. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenberg, Austria. 54 s.
- Swedish Transport Research Board (1992). Test-Site-Oriented SCenario Assessment (TOSCA). Final report: RTI Impacts - the 2000/2005 year scenarios. TFB-rapport 1992:26. 118 s.
- Taylor, P.J., McQueen, B. (1994). Assessment of air quality impacts -IVHS implementations in Southampton & Cologne. IVHS America 1994 Annual Meeting, April 17-20, Atlanta, Georgia. Paper 94118, Preprint.
- Tekniikan Sanastokeskus, Puhelinlaitosten Liitto (1991). Telesanasto. TSK 18. Forssa 1991.
- Tielaitos (1993a). Tieliikenteen informaatiotekniikka - tilannekatsaus. Tielaitoksen selvityksiä 3/1993. Helsinki, 27 sivua + liitteet.
- Tielaitos (1993b). Nopeusnäyttötaulun vaikutukset liikenteen nopeuksiin. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 53/93. Tielaitos, tutkimuskeskus, Helsinki. 18 s.

- Tielaitos (1994a). Helsingin seudun pääväylien liikenteen hallinta. Esiselvitys. Tielaitoksen selvityksiä 6/1994. Tielaitos, keskushallinto, Helsinki. 42 s.
- Tielaitos (1994b). Tienpidon 10-vuotissuunnitelma 1995 - 2004. Luonnos, maaliskuu 1994.
- Transportation Research Board (1991a). Assessment of advanced technologies for relieving urban traffic congestion. Highway research program report 340. Washington D.C. 97 s.
- Transportation Research Board (1993). Primer on Intelligent Vehicle and Highway Systems. Transportation research circular Number 412, August 1993. Washington D.C. 58 s.
- Transport Research Laboratory (1993). Assessment of M25 Automatic Fog-warning system - final report. ISSN 0968-4093. Crowthorne, Berkshire, GB 1993. 12 s.
- Tsugawa, S., Aoki, M., Watanabe N., Fujii, H., Hirayama, M. (1992). Research and Development Projects for Info-Mobility Technologies. 25th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Dedicated conference on RTI/IVHS. Kongressijulkaisun tekijä Automotive Automation Limited, Englanti. S. 37 - 44.
- Turner, J.D, Hoffman, F.S (1990). Data and route guidance. IEE Third International Conference on Road Traffic Control. Esitelmien suomenkieliset referaatit. TKK Liikennetekniikka, tiedote 29, Otaniemi 1993. S. 12 - 13.
- Underwood, S.E. (1994). FAST-TRAC as an Integrated System: Evaluation Plans and Preliminary Findings. IVHS America, 1994 Annual Meeting, April 17 - 20, 1994, Atlanta, Georgia. Paper No 94123, Preprint.
- U.S. Department of Transportation (1992). IVHS Strategic plan, Report to Congress. FHWA-SA-93-009. Washington D.C., 67 s.
- U.S. General Accounting Office (1991). Smart Highways: An assessment of their potential to improve travel. GAO/PEMD-91-18, May 1991, Washington D.C., 76 s.
- UTMS News (1993). Universal Traffic Management Society of Japanin lehti, November 8, 1993. Tokio.
- UTMS News (1994). Universal Traffic Management Society of Japanin lehti, July 1, 1994. Tokio.
- Vejdirektoratet (1992). Trafikinformatik - hvad og hvordan? -et priseksempel. Vejdata-laboratoriet, rapport 102, 1992. Herlev, 23 s.

van Vuren, T. (1990). Assignment issues of route guidance systems. IEE Third International Conference on Road Traffic Control. Esitelmien suomenkieliset referaatit. TKK Liikennetekniikka, tiedote 29, Otaniemi 1993. S. 20 - 22.

Walker, J., Alicandri, E., Sedney, C., Roberts, K. (1992). In-vehicle Navigational Devices: Effects on the safety of driver performance. Public Roads Vol. 56, No 1, June 1992.

Whitworth, P. (1994). Market Issues in the Development of In-Vehicle Advanced Traveler Information Systems (ATIS). Transportation Research Board, 73 Annual Meeting, January 9 - 13, 1994. Washington D.C. Paper No. 940330. 21 s.

YTV (1994). Joukkoliikenteen informaatiojärjestelmät pääkaupunkiseudulla, esiselvitys. Pääkaupunkiseudun Julkaisusarja B 1994:1. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Liikenneministeriö, Helsinki, 95 s.

Zhang, X., Kompfner, P. (1993). Model Guidelines for Assessment of ATT Pilots. DRIVE II -projekti V2056 CORD, Deliverable AC02 - Part 2, version 1, July 1993. ERTICO, Bryssel. 33 s.

Zimmermann, P. (1994). ITMS - Solving the traffic problems of today and tomorrow. Traffic Technology International '94 -lehti, s. 28 - 30.

TIELIIKENTEEEN TELEMATIIKAN SANASTOA

access control	1) pääsyn rajoittaminen t. valvonta, pääsyrajoitus 2) liittymisrajoitus, liittymärajoitus	Eur
accident detection	onnettomuuksien havaitseminen	
adaptive cruise control	automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö	US
Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems (AMTICS)	japanilainen tutkimusohjelma	Japani
Advanced Public Transportation Systems (APTS)	(kehittyneet) joukkoliikenteen järjestelmät USA:n IVHS-ohjelman osa-alue	US
Advanced Road Traffic System (ARTS)	japanilainen tutkimusohjelma	Japani
Advanced Rural Transportation Systems (ARTS)	(kehittyneet) haja-asutusalueiden liikenteen järjestelmät USA:n IVHS-ohjelman osa-alue	US
Advanced Traffic Management Systems (ATMS)	(kehittyneet) liikenteen hallintajärjestelmät USA:n IVHS-ohjelman osa-alue	US
Advanced Transport Telematics (ATT, DRIVE II)	EU:n liikenteen telematiikan tutkimusohjelma 1991 - 1995	Eur
Advanced Traveler Information Systems (ATIS)	(kehittyneet) matkatietojärjestelmät USA:n IVHS-ohjelman osa-alue	US
Advanced Vehicle Control Systems (AVCS)	(kehittyneet) ajoneuvon hallintajärjestelmät USA:n IVHS-ohjelman osa-alue, jossa ajoneuvoon tai tienvarteen asennetuilla laitteilla helpotetaan ajajan suoritusta ja tulevaisuudessa osin automatisoidaan ajamista	US
AMTICS	ks. Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems	
APTS	ks. Advanced Public Transportation Systems	
ARTS	ks. Advanced Road Traffic System, Advanced Rural Transportation Systems	

assessment	arviointi <i>järjestelmän toiminnan ja vaikutusten arviointiprosessi, joka sisältää sekä tietojen hankinnan esim. kenttäkokeella että sitä seuraavan evaluoinnin</i>	
ATIS	<i>ks. Advanced Traveler Information Systems</i>	
ATMS	<i>ks. Advanced Traffic Management Systems</i>	
ATT	<i>ks. Advanced Transport Telematics</i>	
automated highway system (AHS)	automaattinen tie <i>ajaminen automatisoidaan erityisvarustetulla tiellä kytkemällä ajoneuvot toisiinsa kommunikaatiolinkillä. Järjestelmä vaatii kaksisuuntaista tiedonsiirtoa sekä infrastruktuurin ja ajoneuvojen että yksittäisten ajoneuvojen välillä.</i>	US
automatic clearance sensing (ACS)	<i>raskaille ajoneuvoille välitettyä tietoa esim. siltojen kantavuudesta</i>	US
automatic debiting	automaattinen maksujen perintä <i>erilaisten maksujen perintä</i>	Eur
automatic driving systems	automaattiset ajojärjestelmät	
automatic toll collection	automaattinen tietullien perintä	
automatic (user) fee collection	automaattinen maksujen perintä <i>erilaisten käyttömaksujen perintä</i>	Eur
automatic vehicle classification (AVC)	automaattinen ajoneuvojen luokittelu <i>ajoneuvotyyppin määrittäminen</i>	US
automatic vehicle identification (AVI)	automaattinen ajoneuvon tunnistus	
automatic vehicle location (AVL)	automaattinen ajoneuvon paikannus	US
automatic vehicle location and control (AVLC)	automaattinen ajoneuvon paikannus ja ohjaus <i>eräs joukkoliikenteen ohjausjärjestelmä</i>	US
automatic vehicle monitoring (AVM)	automaattinen ajoneuvojen seuranta	

AVCS	<i>ks. Advanced Vehicle Control Systems</i>	
AVI	<i>ks. automatic vehicle identification</i>	
beacon	majakka <i>kommunikaatiolinkkinä käytettävä esim. infrapuna- tai mikroaaltomajakka</i>	
CACS	<i>ks. Comprehensive Automobile Control Systems</i>	
camera and computer aided traffic sensor (CCATS)	<i>digitaaliseen kuvankäsittelyyn perustuva liikenteen seurantajärjestelmä</i>	Eur
car pooling	henkilöauton yhteiskäyttö, ryhmäajo, ryhmämatkustaminen	
cellular phone	solukkopuhelin	
cellular radio	solukkoradio	Eur
Changeable Message Sign (CMS)	vaihtuva opaste t. liikennemerkki <i>merkki, jossa vaihtoehtoisten viestien määrä on rajallinen</i>	US
closed circuit tv (CCTV)	valvontavideojärjestelmä, videovalvontajärjestelmä	
collision avoidance	törmäysten estäminen, törmäyesto(järjestelmä)	US
collision warning system	törmäysvaroitussjärjestelmä	
compact disk read only memory (CD-ROM)	vain luettavissa oleva optinen massamuisti <i>(johon tallennetaan esimerkiksi navigointilaitteissa käytettävät karttatietokannat)</i>	
commercial operations vehicle (COV)	tavaraliikenteen ajoneuvo	US
Commercial Vehicle Operations (CVO)	tavaraliikenteen järjestelmät <i>USA:n IVHS-ohjelman osa-alue</i>	US
compatibility	yhteensopivuus	
Comprehensive Automobile Control Systems (CACS)	<i>japanilainen tutkimusohjelma</i>	Japani

congestion management system (CMS)	ruuhkanhallintajärjestelmä	US
control centre/center	ohjauskeskus	
convoy operation	ajoneuvojen yhteenkytkeminen automaattisella tiellä <i>ks. automated highway</i>	
co-operative driving	"ajoneuvojen yhteistyö" <i>ajoneuvot vaihtavat tietoa keskenään esimerkiksi kaistanvaihtojen ja ohitusten turvaamiseksi</i>	Japani Eur
COST (European Co-Operation in the field of Scientific and Technical research)	<i>Eurooppalainen yhteistyöohjelma tekniikan ja tieteen alalla</i>	Eur
COST 30 (Electronic Traffic Aids on Major Roads)	<i>COSTin alainen liikenteen telematiikan tutkimusohjelma, joka aloitettiin vuonna 1970 ja jonka jatko-ohjelma COST 30 BIS kesti myös 80-luvun.</i>	Eur
CVO	<i>ks. Commercial Vehicle Operations</i>	
dead reckoning	vektoripaikannus <i>itsenäinen paikannusmenelmä, jossa uusi sijainti lasketaan edellisen sijainnin määrityksen jälkeen kuljetun matkan ja suunnan perusteella.</i>	
Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe (DRIVE)	<i>Euroopan Yhteisöjen liikenteen telematiikan tutkimusohjelma 1989 - 1991. Jatko-osa ks. Advanced Transport Telematics</i>	Eur
demand management	kysynnän hallinta	Eur
demand responsive	kysyntäohjattu	Eur
detector	ilmaisin <i>anturin ja ilmaisinvahvistimen sekä niiden välisen yhdyskaapelin muodostama kokonaisuus, ks. anturi</i>	
digital audio broadcasting (DAB)	digitaalinen radiolähetys	Eur
digital audio radio (DAR)	digitaalinen radio	US

DRIVE	<i>ks. Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety</i>	Eur
DRIVE II	<i>ks. Advanced Transport Telematics</i>	
driver assistance (systems)	ajajan avustaminen, kuljettajan tuki(järjestelmät), ajoapu(järjestelmät)	Eur Japani
driver information	informaatio/ tieto ajoneuvon kuljettajalle, kuljettajaninformaatio	
driver status monitoring	kuljettajan ajokunnon seuranta, kuljettajan tilan seuranta	Eur
driver tutoring	kuljettajan toiminnan opastus <i>järjestelmä, joka antaa kuljettajalle palautetta hänen toiminnastaan</i>	Eur
dynamic	muuttuva, mukautuva	Eur
EDI/OVT	Electronic Data Interchange / organisaatioiden välinen tiedonsiirto <i>kauppa- ja kuljetustapahtumaan liittyvien asiakirjojen siirtäminen sähköisessä muodossa eri osapuolten välillä kansainvälisiä Edifact-standardeja noudattaen</i>	
European Road Transport telematics Implementation Coordination Organisation (ERTICO)	<i>eurooppalainen tieliikenteen telematiikan yhteistyöorganisaatio</i>	Eur
electric vision	konenäkö	Ruotsi
electronic number plates (ENP)	elektroniset rekisterikilvet	US
electronic road pricing (ERP)	elektroninen tienkäyttömaksujen perintä	US
electronic toll and traffic management (ETTM)	elektroninen tietullien perintä ja liikenteen hallinta	US
electronic toll collection	elektroninen tietullien perintä	US
emergency call	häätäpuhelu, hätäilmoitus <i>kehittyneissä järjestelmissä pyritään automaattiseen ilmoitukseen, jotta pelastuspalvelu saadaan mahdollisimman nopeasti paikalle</i>	Eur

emergency call management	häätäpuhelujen hallinta	Eur
emergency management	häätätilanteiden hallinta	Eur
emergency warning	häätävaroitus	Eur
ERTICO	ks. <i>European Road Transport telematics Implementation Coordination Organisation</i>	
evaluation	arviointi <i>järjestelmän arvon (value) määrittäminen verrattuna vaihtoehtoihin järjestelmiin tai lähtötilanteeseen ja suositusten antaminen päättäjille, ks. assessment</i>	
fare collection	(joukkoliikenteen) maksujen perintä	
field trial	kenttäkoe	
fleet management	(kuljetus)kaluston hallinta <i>henkilöliikenne- tai tavarakuljetuskaluston ajantasainen seuranta ja ohjaus; tiedonvaihto keskuksen ja ajoneuvojen välillä, sijainnin määrittäminen, ajantasainen reititys. Ks. vehicle management</i>	
floating car	anturiajoneuvo, anturiauto, (kelluva auto) <i>1) ajoneuvo, joka välittää esimerkiksi matka-aika-, keli- tai onnettomuustietoa liikenteen seurantajärjestelmään</i> <i>2) perinteisesti kelluvan auton menetelmällä tarkoitetaan matkanopeuden mittaamenetelmää, jossa tutkimusauto ajaa liikennevirran keskinopeutta siten, että ohiajettuja ja tutkimusauton ohittaneita on yhtä paljon</i>	
freight management	tavarakuljetusten hallinta <i>kuljetuksen etenemisen seuraaminen ja kuljetettavan tavarankunnon valvonta, kuljetusta- pahtumaan liittyvien asiakirjojen siirtäminen sähköisessä muodossa osapuolten välillä</i>	Eur
guidance	opastus	
GSM (Global System for Mobile communications, Groupe Spécial Mobil)	digitaalinen matkapuhelinverkko	

hazardous goods monitoring	vaarallisten aineiden kuljetusten seuranta	Eur
head-up display (HUD)	tuulilasinäyttö	
high occupancy vehicle (HOV)	monimatkustaja-ajoneuvo, ryhmäajoneuvo ajoneuvo, jossa on vähintään kaksi (kolme) matkustajaa	
human machine interface (HMI)	käyttöliittymä aiempi nimitys: man machine interface	
incident detection	liikenteen häiriöiden havaitseminen	
incident identification	liikenteen häiriöiden tunnistaminen, häiriöntunnistus	
incident management	liikenteen häiriöiden hallinta, häiriönhallinta	
informatics	informatiikka, informaatiotekniikka, tietojenkäsittelytekniikka	Eur
info-mobility technologies	japanilainen liikenteen telematiikkaa tarkoittava termi	Japani
integrated inter-urban traffic management systems	maantieliikenteen hallintajärjestelmät, (kaupunkien välisen liikenteen hallinta-)	Eur
Integrated Road Transport Environment (IRTE)	(integroitu tieliikenneympäristö) DRIVE I:n tavoitteeksi määritelty suotuisa tie- liikenneympäristö, jossa kuljettajat ovat hyvin informoituja ja "älykkäät" ajoneuvot vaihtavat tietoa sekä toistensa että liikenneympäristön kanssa.	Eur
integrated urban traffic management systems	kaupunkiliikenteen hallintajärjestelmät	Eur
intelligent cruise control (ICC)	automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö	Eur
intelligent intersection	älykäs risteys, älyristeys	Japani

LIITE 1

intelligent intersection control (IIC)	liittymien ohjaus, liittymäohjaus, risteysohjaus <i>liikenteen mukainen liikennevalo-ohjaus ja etuusjärjestelyt halutuille ryhmille</i>	Eur
intelligent manoeuvring control (IMC)	ajoneuvon liikkeen ohjaus <i>ajoneuvon laitteet havainnoivat muita ajoneuvoja kaistanvaihtojen ja ohitusten turvaamiseksi</i>	Eur
Intelligent Transport Systems (ITS)	älykkäät liikennejärjestelmät <i>synonyymi liikenteen telematiikalle</i>	Eur, Japani
Intelligent Transportation Society of America (ITS America)	<i>Yhdysvaltalainen liikenteen telematiikan yhteistyöorganisaatio</i>	US
Intelligent Transportation Systems (ITS)	<i>USA:n liikenteen telematiikan tutkimus- ja kehitysohjelman (todennäköisesti v. 1995 käyttöön ottama) uusi nimi</i>	US
Intelligent Vehicle/Highway Systems (IVHS)	<i>USA:n liikenteen telematiikan tutkimus- ja kehitysohjelma</i>	US
interactive	vuorovaikutteinen	
interchangeability	vaihdeettavuus	
intermodal	kulkumuotojen välinen <i>ks. multimodal</i>	Eur
interoperability (of applications)	(eri telematiikkasovellusten) yhteiskäyttöisyys	Eur
in-vehicle equipment	ajoneuvolaitteet <i>ajoneuvon telematiikkalaitteet</i>	
in-vehicle information	ajoneuvon sisällä annettava/tarjottava tieto, ajoneuvon sisälle välitetty tieto	
in-vehicle unit (IVU)	ajoneuvopääte, -laite	Eur
IRTE	<i>ks. Integrated Road Transport Environment</i>	
ITS	<i>ks. Intelligent Transport Systems, Intelligent Transportation Systems</i>	

ITS America	<i>ks. Intelligent Transportation Society of America</i>	
IVHS	<i>ks. Intelligent Vehicle/Highway Systems</i>	
lane detection system	ajokaistan havaitsemisjärjestelmä <i>järjestelmä perustuu konenäköön: ajoneuvoon asennetuilla kameroilla seurataan kaistan reunaviivoja</i>	Japani
lane keeping system	ajokaistan seuraamisjärjestelmä <i>ajoneuvoon asennetuilla kameroilla seurataan kaistan reunaviivoja ja järjestelmä varoittaa kuljettajaa, jos ajoneuvo on ajautumassa ulos kaistalta</i>	Japani
local warning and advice	paikalliset varoitukset ja informaatio	Ruotsi
machine vision	konenäkö	
man machine interaction (MMI)	ihmisen ja tekniikan vuorovaikutus	Eur
man machine interface (MMI)	käyttöliittymä <i>uudempi nimitys human machine interface</i>	
map-matching	karttasovitustekniikka <i>itsenäinen paikannusmenetelmä, jossa verrataan ajoneuvon antureiden tuottamaa paikannustietoa navigointilaitteen muistiin tallennettuun karttaan. Menetelmä korjaa pelkän antureilla mitatun paikannuksen virheitä "sovittamalla" ajoneuvon katu- ja tieverkolle. Ks. dead reckoning</i>	
mobile phone	matkapuhelin	
modal interchange	kuljutavan vaihtopaikka t. -järjestely <i>telematiikkasovelluksena modal interchange on palvelu, joka helpottaa kuljutavan vaihtoa erityisesti joukkoliikenteen ja henkilöauton välillä (informaatio, paikan varaus, pysäköinnin opastus)</i>	Eur
monitoring	(liikennetilanteen) seuranta, tiedonkeräys	
multimodal	useaa kuljutapaa koskeva, monikuljutapa-	

LIITE 1

navigation	navigointi, suunnistus	
on-board unit (OBU)	ajoneuvopääte, -laite	Eur
obstacle warning systems	esteistä varoittavat järjestelmät	Japani
one-way communication	yksisuuntainen tiedonsiirto <i>yleensä tien laitteista ajoneuvoon</i>	
on-board computer	ajoneuvotietokone	
on-line monitoring	ajantasainen liikenteen seuranta, ajantasa- seuranta, online seuranta	Eur
on-line travel information system (OTIS)	ajantasaiset matkatietojärjestelmät	US
on-trip information	matkan aikainen tieto	Eur
park and ride (P & R)	liityntäpysäköinti	
parking guidance	pysäköinnin opastus, pysäköintiopastus <i>ajoneuvon kuljettajalle välitetty ajantasainen tieto vapaista pysäköintipaikoista ja niiden sijainnista</i>	Eur
parking management	pysäköinnin hallinta <i>pysäköintitilan hallinta + pysäköinnin opastus</i>	Eur
parking reservation and payment	pysäköintipaikan varaus ja maksaminen	Eur
parking space management	pysäköintitilan hallinta <i>aluetasoinen pysäköintipaikkojen ja -laitosten käyttöasteen seuranta ja ennustaminen</i>	Eur
passenger information	matkustajaninformaatio <i>tietoa joukkoliikenteen matkustajille</i>	
payment management	maksujen t. rahastuksen hallinta	Eur
Personal Vehicle System (PVS)	<i>japanilainen tutkimusprojekti</i>	Japani
position finding device	paikannuslaite	
pre-trip	ennen matkaa	Eur

priority at traffic lights	liikennevaloetus	
probe car	anturiauto ks. floating car	
PROgramme for a European Traffic Sys- tem with Highest Efficiency and Unprece- dented Safety (PROMETHEUS)	<i>lähinnä eurooppaisen autoteollisuuden toteut- tama liikenteen telematiikan tutkimusohjelma 1986 - 1994</i>	Eur
PROgramme for MObility and Transpor- tation in Europe (PROMOTE)	<i>Prometheuksen jatko-ohjelma 1995 -</i>	Eur
PROMETHEUS	<i>ks. PROgramme for a European Traffic Sys- tem with Highest Efficiency and Unprece- dented Safety</i>	
PROMOTE	<i>ks. PROgramme for MObility and Transpor- tation in Europe</i>	
public transport information	joukkoliikennetieto <i>joukkoliikennetieto on pysyvää tietoa aikatau- luista, reiteistä, matka-ajoista, maksuista, lii- tyntäpysäköinnistä sekä ajantasaista tietoa joukkoliikennekaluston sijainnista, seuraavas- ta pysäkestä, odotusajoista ja häiriöistä. Tietoa voidaan tarjota kotona, toimistossa, termina- leissa, pysäkillä, joukkoliikennevälineessä.</i>	Eur
public transport management	joukkoliikenteen hallinta <i>kaluston ajantasainen seuranta ja ohjaus, jouk- koliikennetiedon välitys nykyisille ja potenti- aalisille matkustajille, maksujenperintä</i>	Eur
public transport regularization	joukkoliikenteen säännöllisyyden parantaminen <i>joukkoliikennevälineen aikataulussa pysymi- sen seuranta ja liikennevaloetuuksien antami- nen tarvittaessa</i>	Ruotsi
PVS	<i>ks. Personal Vehicle System</i>	
RACS	<i>ks. Road/Automobile Communication System</i>	

radio data system (RDS)	<i>Euroopan Yleisradioliiton (EBUn) v. 1984 standardoima digitaalinen radiopalvelu, joka hoitaa automaattisesti ohjelman virityksen ja sisältää muita erilaisia lisäpalveluita. Erityyppiset ohjelmat (uutiset, musiikki, urheilu jne.) merkitään eri tunnisteilla. Jos vastaanottaja on valinnut kuultaviksi esim. liikenneohjelmat, hän kuulee liikennetiedotteen, vaikka olisi kuuntelemassa toista kanavaa tai vaikka radio on kokonaan suljettu.</i>	
radio data system/traffic message channel (RDS-TMC)	<i>Traffic Message Channel on radion liikennepalvelu, joka ei häiritse lainkaan normaalia radion kuuntelua. TMC koostuu ALERT-C-standardilla koodatuista liikennetiedoista. Ajoneuvopääte muokkaa koodatut viestit kuljettajalle esitettäväksi joko puhuttuna, tekstinä tai grafiikkana. Ks. myös radio data system.</i>	
ramp metering	<i>ramppiohjaus, ramppiliikenteen säännöstely rampilta moottoritielle tulevan liikenteen säännöstely liikennevaloilla päätien liikenteen sujuvoittamiseksi</i>	
real-time	<i>ajantasainen</i>	
Road/Automobile Communication System (RACS)	<i>japanilainen tutkimusohjelma</i>	Japani
road pricing	<i>tienkäytön hinnoittelu, tienkäyttömaksut esim. ruuhkamaksu, siltamaksu, tunnelimaksu</i>	
road status monitoring	<i>tien kunnon ja tieolojen seuranta esimerkiksi rakenteiden kunnon seuranta, tien pinnan kiikan seuranta, kunnossapitotoimpiteiden vaikutus tien kapasiteettiin</i>	Eur
road surface and weather monitoring	<i>tien pinnan ja sään seuranta</i>	
road transport informatics (RTI)	<i>tieliikenteen informaatiotekniikka EU:n DRIVE I -tutkimusohjelmassa tieliikenteen telematiikasta käytetty termi</i>	Eur
road-to-vehicle communication	<i>tie-ajoneuvo -tiedonsiirto yksisuuntainen tiedonsiirto tien laitteilta ajoneuvoon</i>	
route choice	<i>reitINVALINTA, reittivalinta</i>	

route diversion	reitin muuttaminen, valitulta reitiltä poikkeaminen, erkaneminen	
route guidance	reittiopastus	
- static	- kiinteä reittiopastus:	
- dynamic	<i>pysyvät reittitiedot</i>	
- autonomous	- muuttuva t. ajantasainen reittiopastus:	
- centralized	<i>ajantasaiseen liikennetietoon perustuva reittiopastus</i>	
- dual mode	- itsenäinen reittiopastus	
	<i>ajoneuvon tietokone laskee parhaan reitin perustuen joko kiinteisiin tietoihin tai liikenteen hallintakeskuksen välittämään havaittuun liikennetietoon</i>	
	- keskitetty reittiopastus	
	<i>keskustietokone laskee parhaan reitin ja välittää tiedon ajoneuvoon</i>	
	- kaksitoiminen reittiopastus	
	<i>keskitetyn ja itsenäisen reittiopastuksen yhdistelmä: keskustietokone laskee parhaan reitin niillä alueilla, jotka on varustettu tiedonsiirtomajakoilla, muualla ajoneuvon laitteet laskevat parhaan reitin itsenäisesti</i>	
route information	reittitieto	
route planning	reitinsuunnittelu, reittisuunnittelu	Eur
	<i>telematiikan sovelluksena palvelu, joka tarjoaa joko yhden tai monen kulkeutavan tietoa vaihtoehtoisista reiteistä</i>	
RTI	<i>ks. road transport informatics</i>	
signpost	tienvarsiopaste, -laitteisto	
scheduling	aikataulutus	
sensor	anturi	
	<i>anturilla havaitaan tarkastelun kohteena olevat tapahtumat. Tapahtumat aiheuttavat yleensä fyysikaalisen muutoksen anturissa. Ks. detector</i>	
services information	palvelutiedot	Eur
	<i>tietoa palveluista: huoltoasemat, autonkorjausliikkeet, pankit, postit, sairaalat jne.</i>	

smart card	älykortti, toimikortti, (muistikortti) <i>toimikortissa on muistia ja suoritin, muistikortissa vain muistia</i>	
smart vehicle	älykäs ajoneuvo	
speed and distance control	nopeuden ja välimatkan säätö	Eur
SSVS	<i>ks. Super Smart Vehicle System</i>	
Super Smart Vehicle System (SSVS)	<i>japanilainen tutkimusohjelma</i>	Japani
tag	(elektroninen) tunnistus <i>ajoneuvoon t. tavarankuljetuskonttiin kiinnitettävä esimerkiksi automaattisessa ajoneuvon-tunnistuksessa ja tietullien perinnässä sekä konttien seurannassa käytetty tunnistus.</i>	
telematics	telematiikka <i>se osa tietotekniikkaa, joka sisältää sekä tietoliikennetekniikkaa että tietojenkäsittelytekniikkaa</i>	Eur
TERN	<i>ks. trans-European road network</i>	
tidal flow control	liikenteen huippujen suuntajakauman epäta-saisuuden hallinta; (erityismerkitys) vaihtu-vasuuntaisten kaistojen ohjaus <i>tidal traffic = liikenne, joka kulkee pääasiassa toiseen suuntaa, esimerkiksi aamuruuhkassa kaupunkiin päin</i>	Eur
tourist information	matkailutieto <i>tietoa nähtävyyksistä, majoituksesta jne.</i>	
traffic-adaptive	liikennetilanteen mukaan muuttuva, liikenteeseen sopeutuva, liikenteen mukainen	US
traffic control	liikenteen ohjaus	
traffic control centre/center (TCC)	liikenteen ohjauskeskus	
traffic information	liikennetieto <i>valituun reittiin liittyvää tietoa ajoneuvon kuljettajalle esimerkiksi nopeuksista, liikennemäärästä, viihteistä</i>	

traffic information centre/center (TIC)	liikenteen tiedotuskeskus, liikenteen informaatiokeskus	
traffic management	liikenteen hallinta <i>vaikuttaminen liikenteen kysyntään, kulkumuotojakaumaan, reitin ja matkan ajankohdan valintaan ja liikkujien käyttäytymiseen liikenteen ohjauksella ja informaatiolla</i>	
traffic management centre/center (TMC)	liikenteen hallintakeskus, liikenteenhallintakeskus	
traffic message channel (TMC)	<i>ks. radio data system / traffic message channel</i>	
traffic monitoring	liikenteen seuranta	
traffic surveillance system	liikenteen mittaus- t. seurantajärjestelmä	
traffic-responsive	liikennetilanteen mukaan muuttuva, liikenteeseen sopeutuva, liikenteen mukainen	Eur
trans-European road network (TERN)	<i>Euroopan Unionin määrittelemä eurooppalainen päätieverkko</i>	Eur
transit information	joukkoliikennetieto <i>ks. public transport information (Eur)</i>	US
transport planning	liikennesuunnittelu, kuljetusten suunnittelu	Eur
transport telematics (TT)	liikenteen telematiikka	Eur
travel and traffic information systems	matka- ja liikennetietojärjestelmät	Eur
travel information	matkatieto <i>kaikkea matkan suunnittelussa ja toteuttamisessa avustavaa tietoa: liikennetieto, joukkoliikennetieto, matkailutieto</i>	
travel planning	matkan suunnittelu <i>telematiikan sovelluksena palvelu, joka tarjoaa kulkutavan, reitin ja kohteen valinnassa avustavaa tietoa</i>	Eur

travel(l)er information	matkatieto <i>matkaan liittyvää tietoa sekä yksityisautoilijoille että joukkoliikenteen käyttäjille ennen matkaa ja matkan aikana</i>	
trip planning	matkan suunnittelu <i>ks. travel planning</i>	
two-way real-time communication	infrastruktuurin ja ajoneuvon välinen ajantasainen kaksisuuntainen tiedonsiirto	
Universal Traffic Management Society of Japan (UTMS Japan)	<i>japanilainen liikenteen telematiikan yhteistyöorganisaatio, joka keskittyy Japanin sisäiseen eri organisaatioiden väliseen yhteistyöhön</i>	Japani
Universal Traffic Management System (UTMS)	<i>japanilainen liikenteenhallintajärjestelmä</i>	Japani
urban traffic control system (UTCS)	1) kaupunkiliikenteen (valo-) ohjausjärjestelmä 2) <i>japanilainen tutkimusohjelma</i>	
UTMS	<i>ks. Universal Traffic Management System</i>	
UTMS Japan	<i>ks. Universal Traffic Management Society of Japan</i>	
variable message sign (VMS)	muuttuva opaste, muuttuva liikennemerkki t. tiedotustaulu <i>Variable Message Sign on yleistermi, joka kattaa kaikenlaiset muuttuvat ja vaihtuvat opasteet</i>	
vehicle control (system)	ajoneuvon (liikkeen) hallinta(järjestelmä) <i>ajoneuvon ohjaus osana liikennevirtaa, ajotehtävän hallinta; kuljettajan ajokunnon sekä ajoneuvon ja liikenneympäristön seuranta ja ajan avustaminen</i>	Eur
Vehicle Information/Communication System (VICS)	<i>japanilainen tutkimusohjelma</i>	Japani
vehicle classification	ajoneuvojen luokittelu, ajoneuvoluokittelu <i>ajoneuvotyyppin määrittäminen</i>	

vehicle detection	ajoneuvon havaitseminen <i>ajoneuvon läsnäolon tai liikkeen havaitseminen</i>	
vehicle location	ajoneuvon paikannus, ajoneuvopaikannus	
vehicle identification	ajoneuvon tunnistus, ajoneuvotunnistus	
vehicle management	yksittäisen ajoneuvon hallinta osana kuljetuskalustoa <i>ks. fleet management. Lisäksi vehicle management voi sisältää ajoneuvon, lastin ja kuljettajan kunnan seurantaa</i>	Eur
vehicle monitoring	ajoneuvon seuranta	
vehicle/infrastructure communication	ajoneuvon ja infrastruktuurin välinen tiedonsiirto	Eur
Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society (VERTIS)	<i>japanilainen liikenteen telematiikan yhteistyö-organisaatio, joka tekee kansainvälistä yhteistyötä</i>	Japani
vehicle/roadside communication (VRC)	ajoneuvon ja tien välinen tiedonsiirto	US
vehicle scheduling and control system (VSCS)	(joukkoliikenteen) ajoneuvojen aikataulutus- ja ohjausjärjestelmä	Eur
vehicle-to-vehicle communication	ajoneuvojen välinen tiedonvaihto	
VERTIS	<i>ks. Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society</i>	
VICS	<i>ks. Vehicle Information/Communication System</i>	
vision enhancement	näkyvyyden parantaminen <i>esimerkiksi infrapuna- tai ultraviolettivalolla</i>	
vision monitoring	näkyvyyden seuranta	
weigh-in-motion (WIM)	liikkuvan ajoneuvon punnitus	

Sanaston teossa käytettyjä lähteitä:

1. ERTICO (1994). TELTEN interim report, helmikuu 1994. Annex 2, definition of functions.
2. Karppinen, A. (1992). Ajoneuvonavigoinnin perusteet. Ajoneuvonavigoinnin lisensiaattiseminaari, Auto- ja työkonetekniikan kehitystilanneraportti 1992/2, osa 1. TKK, Autotekniikan laboratorio, Espoo 1992.
3. Papageorgiou, M. (1991). Consice encyclopedia of traffic & transportation systems. Pergamon Press.
4. Swedish Transport Research Board (1992). Test-Site-Oriented SCenario Assessment (TOSCA). Final report. TFB-rapport 1992:26.
5. Transportation Research Board (1993). Primer on Intelligent Vehicle/Highway Systems. Transportation Research Circular No 412.
6. Transportation Research Board (1994). Spectrum needs for Intelligent Vehicle-Highway System Application. Transportation Research Circular No 428.
7. Yleisradio (1990). RDS - mukavuutta radion kuunteluun -esite.

RUOTSALAISESSA TOSCA-TUTKIMUKSESSA KÄYTETTY LIIKENTEEN TELEMATIIKAN KEINOJAKO

Swedish Transport Research Board: Test-Site-Oriented SCenario Assessment (TOSCA). Final report: RTI Impacts - the 2000/2005 year scenarios. TFB-rapport 1992:26. 118 s.

Liittymien ohjaus (Intersection control)

Liittymien ohjaus sujuvoittaa liikennettä ja parantaa liittymän kapasiteettia. Järjestelmä perustuu liikennetilanteen mukaan ohjattuihin liikennevaloihin ja eri tienkäyttäjryhmille annettaviin etuuksiin.

Joukkoliikenteen säännöllisyyden parantaminen (Public transport regularization)

Joukkoliikenteen säännöllisyyttä parannetaan seuraamalla ajantasaisesti linjan peräkkäisten ajoneuvojen välimatkaa ja aikataulussa pysymistä sekä antamalla liikennevaloetuuksia tarvittaessa.

Paikalliset varoitukset ja informaatio/onnettomuuksien havaitseminen (Local warning and advice/accident detection)

Tämä sovellus mahdollistaa nopeusrajoitusten muuttamisen sää, kelin, tietöiden, ruuhkan ja onnettomuuksien mukaan. Varoitukset lähetetään RDS-järjestelmää käyttäen ja nopeutta ohjataan muuttuvilla liikennemerkeillä. Järjestelmään kuuluu myös opastus parhaalle reitille tietöiden, ruuhkan tai onnettomuuksien vuoksi.

Kaupunkialueiden tienkäyttömaksut (Urban road pricing)

Kaupunkialueiden tienkäyttömaksuilla osa tieliikenteen yhteiskunnalle aiheuttamista kustannuksista peritään suoraan liikenteeltä ajoneuvojen tienkäytön mukaan. Tienkäytön hinta määritellään erikseen jokaiselle tieosalle ja maksu voi vaihdella ajankohdan tai liikennetilanteen mukaan.

Hätäpuhelukeskustelun hallinta (Emergency call management)

Hätäpuhelukeskustelun hallinta perustuu GSM-puhelimilla varustettuihin ajoneuvoihin. Häätätilanteen sattuessa ajoneuvon kuljettaja lähettää tapahtumapaikan ja tapahtumatyyppin sisältävän viestin ohi ajavalle, järjestelmällä varustetulle ajoneuvolle. Tämä ajoneuvo poimii viestin ja välittää sen tienvarren vastaanottimelle ohi ajaessaan. Tienvarren yksikkö lähettää viestin edelleen liikenteen ohjauskeskukseen ja pelastuspalvelulle, jotka ryhtyvät toimenpiteisiin. Jos onnettomuusajoneuvon kuljettaja on loukkaantunut eikä pysty itse lähettämään viestiä, törmäyksen havaitsemisjärjestelmä lähettää viestin.

Tien pinnan ja sään seuranta/nopeusopastus (Road surface and weather monitoring/speed guidance)

Tienpinnan ja sään seurantarajajärjestelmä tarkkailee sumua, jättä ja muita vaarallisia olosuhteita sekä tien topologiaa ja tienpinnan kuntoa. Perinteiset kiinteät nopeusrajoitukset korvataan sään ja kelin mukaan muuttuvilla nopeussuosituksilla. Järjestelmä laskee, paljonko kitka poikkeaa kuivan ja puhtaan tienpinnan kitkasta ja antaa voimassa olevan nopeusrajoituksen, kitkan ja muiden havaittujen olosuhteiden perusteella suositeltavan ajonopeuden.

Reittiopastus (Interactive route guidance)

Reittiopastus kertoo kaupunkialueella autoilijalle parhaan reitin vallitsevassa liikennetilanteessa. Liikenteen ohjauskeskus saa jatkuvasti tietoa matka-ajoista GSM-puhelimilla varustetuilta ajoneuvoilta ja tienvarren laitteilta. Keskus laskee saatuun tietoon perustuen optimireitit ja välittää tämän tiedon majakoiden tai muiden lähettimien avulla ajoneuvoille. Ajoneuvon tietokone valitsee annetuista reiteistä sopivan. Mikäli reittiopastukseen on yhdistetty paikannusjärjestelmä, ajoneuvopääte kertoo myös suunnan jokaisessa risteyksessä.

Kaupunkien väliset suunnistusjärjestelmät (Interurban navigation)

Suunnistusjärjestelmä laskee matka-ajaltaan lyhimmän reitin moottoriteillä tai haja-asutusalueella. Se ei ota huomioon ruuhkaa, vaan järjestelmään on syötetty erilaiset kiinteät vastukset eri tieosuuksille. Kuljettaja seuraa valittua reittiä navigointilaitteen avulla. Suunta ja etäisyys kohteeseen näytetään myös ajoneuvon poistuessa järjestelmään digitoidulta tieltä.

Verkkotason pysäköinnin opastus (Network parking guidance)

Verkkotason pysäköinnin opastus ohjaa pysäköintiä laajahkolla alueella. Järjestelmä opastaa ajoneuvon määränpäästä lähimmälle pysäköintipaikalle. Jos paikkaa ei löydy tai jos joukkoliikenteen käyttö on hyvä vaihtoehto vallitsevissa liikenneolosuhteissa ja aikataulut sopivat, autoilija opastetaan liityntäpysäköintialueelle. Eri pysäköintialueiden paikkatilanne ja liityntäpysäköinnin mahdollisuudet näytetään ajoneuvopääteellä. Pääte näyttää ajosuunnan nuolilla: suoraan eteenpäin, vasemmalle tai oikealle.

Joukkoliikennetieto (Public transport information)

Informaatiojärjestelmä sisältää joukkoliikenteen, junien, lentokoneiden ja lauttojen aikataulut. Tieto voidaan koota älykortille ajoneuvon sisällä tapahtuvaa käyttöä varten ja se on nähtävissä videotext-päätteillä julkisissa tiloissa, työpaikoilla ja kotona.

Kaupunkien välisten pääväylien liikennevirran säätely (Interurban flow control)

Pääväylien liikennevirran säätely sisältää nopeussuosituksia ja -rajoituksia, kaistasuosituksia ja rampiohjausta sekä liikennevalojen ja muuttuvien opasteiden ohjausta. Ohjauskeskus päättää kulloinkin käytettävät toimenpiteet ruuhkan ja onnettomuusriskin vähentämiseksi.

Automaattiset maksujenperintäjärjestelmät (User fee collection/automatic debiting)

Sisältää sekä joukkoliikenteen että erilaisten yksityisen liikenteen maksujen perinnän. Polttoaine- ja pysäköintimaksut voidaan veloittaa automaattisesti. Moottoriteiden tietullit voidaan periä lukemalla ajoneuvon tiedot tuulilasiin kiinnitetystä älykortista ajoneuvon liikkuessa.

Kevyen liikenteen havaitseminen (Unprotected user detection)

Kevyen liikenteen havaitsemisjärjestelmän tavoitteena on parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuutta. Ajoneuvossa oleva laite havaitsee ajoneuvon nopeudesta riippuvalla etäisyydellä olevat

jalankulkijat ja esteet, jotka eivät ole liikkuvia ajoneuvoja. Laite antaa äänimerkin ja ajoneuvo jarruttaa automaattisesti, kun este lähenee ja törmäyksen vaara kasvaa.

Esteiden havaitseminen/konenäkö (Obstacle detection/electric vision)

Konenäkö helpottaa ajoneuvon reitillä olevien esteiden havaitsemista, kun näkyvyys on huono esimerkiksi sumun tai pimeyden vuoksi. Edistyneemmässä sovelluksessa näkyvyyttä voidaan parantaa infrapuna- tai ultraviolettivalolla.

Automaattinen nopeuden ja ajoneuvovälin säätö (Speed and distance control)

Säätöjärjestelmä havaitsee automaattisesti voimassa olevat nopeussuositukset ja ajoneuvon etäisyyden edeltävään ajoneuvoon. Suositusnopeus ja turvaväli näytetään auton kojelaudassa. Jos ajoneuvoväli on liian lyhyt, laite antaa äänimerkin ja jarruttaa automaattisesti.

Ajoneuvon nopeuden ja vihreän aallon yhteensovittaminen (Vehicle intersection control)

Liikennevaloja ohjataan tietokoneella liikennetilanteen mukaan. Liittymää lähestyvä ajoneuvo lähettää järjestelmälle nopeutensa ja sijaintinsa. Tietokone lähettää ajoneuvolle nopeussuosituksen ja ajoittaa liikennevalot siten, että auto saapuu liikennevaloihin vihreällä.

Kuljettajan toiminnan ohjaus (Driver tutoring)

Järjestelmä huomauttaa kuljettajalle epätarkoituksenmukaisesta käyttäytymisestä ja jopa ottaa ajoneuvon hallintaansa turvallisen ajon ylläpitämiseksi.

Kuljettajan ajokunnon tarkkailu (Monitoring of driver status)

Järjestelmä tarkkailee kuljettajan ajokuntoa: rattijuoppoutta tai väsymystä.

Ajoneuvon liikkeen ohjaus (Intelligent maneuver control)

Ajoneuvon liikkeen ohjaus on ajoneuvon liiketoimintojen automatisointia: kaistanvaihto, jarruttaminen, turvallisen ajoneuvovälin säilyttäminen.

Matka- ja liikennetieto (Travel & traffic information)

Tieto kerätään tieverkolta, muokataan ja välitetään edelleen tienkäyttäjille eri välineillä.

Kuljetuskaluston hallinta (Fleet management)

Kaluston hallintaan kuuluu sen ajantasainen seuranta ja ohjaus; reititys ja aikataulutus.

Tavarakuljetusten hallinta (Freight and logistics management)

Tavarakuljetusten hallintaan kuuluvat esimerkiksi kuljetusmuodon valinnassa auttavat palvelut, kaupan liittyvien asiakirjojen siirtäminen sähköisessä muodossa eri osapuolten välillä, kuljetuksen etenemisen seuraaminen ja kuljetettavan tavarankunnon valvonta.

